

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3536/82

2/viii-82
1-82-278

В.Г.Аблеев¹, Г.Г.Воробьев, Л.Визирева,²
Х.Димитров,³ С.А.Запорожец, А.А.Номофилов,
Д.К.Никитин,⁴ Н.М.Пискунов, И.М.Ситник,
Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов, А.Филипковски,⁵
И.У.Христова,⁴ В.И.Шаров

НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ДЕЙТРОНОВ
НА УГЛЕРОДЕ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 8,9 ГэВ/с

¹ НИИЯФ МГУ, Москва.

² ФХТИ, София.

³ ЦЛАНП БАН, София.

⁴ ФТИ, Душанбе.

⁵ ИЯИ, Варшава.

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1982

1. ВВЕДЕНИЕ

Реакции с релятивистскими дейтронами, в которых дейтрон сохраняется, интересны тем, что в них при значительных передачах импульса /по сравнению с фермиевским импульсом внутриядерных нуклонов/ могут проявиться особенности ядерной структуры дейтрона и механизма его неупругого взаимодействия, обусловленные, в частности, эффектами примеси многокварковых состояний в ядрах и возбуждением нуклонов^{1,2/}. Оказалось, что, несмотря на малую энергию связи, дейтрон в результате взаимодействия может со значительной вероятностью потерять без развала большую долю начальной кинетической энергии. Наши детальные исследования неупругой $dC \rightarrow dX$ реакции показали, что быстрое уменьшение сечения при относительно небольших передачах 4-импульса $|t| \leq 0,2 \text{ ГэВ}^2/c^2$ сменяется выходом на плато при переходе в область $0,2 \leq |t| \leq 2,5 \text{ ГэВ}^2/c^2/$.

В разд.2 дается краткое описание постановки эксперимента, процедуры обработки данных и таблицы полученных инвариантных сечений $\frac{E}{p^2} \frac{d^2\sigma}{dp d\Omega}$ инклюзивной реакции $dC \rightarrow dX$ в зависимости от величины потерянного дейтроном продольного импульса при нулевом среднем поперечном импульсе. В разд.3 полученные результаты сопоставляются с данными других экспериментов^{5,6/} выполненных по схеме, близкой к нашей. Сравнение проводится в терминах переменной t .

2. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Эксперимент проводился на пучке дейтронов с импульсом $p_d = 8,9 \text{ ГэВ}/c$, выводимом из синхрофазотрона за время $/0,3 \pm 0,5/c$. Установка /рис.1/ работала на линии с ЭВМ ЕС-1010. Подробное описание установки и особенности постановки эксперимента приведено в /3/.

Мишень располагалась внутри вакуумного тракта канала медленного вывода. Летящие из мишени под нулевым углом частицы выводились на ось установки магнитом $M0 /150 \text{ мрад}$ по отношению к оси пучка дейтронов/. В процессе измерений средний импульс частиц, выводимых на ось установки, изменялся с шагом $\sim 0,02 p_d$, что достигалось соответствующим изменением поля в $M0$. Для обеспечения постоянства относительного импульсного акцептанса

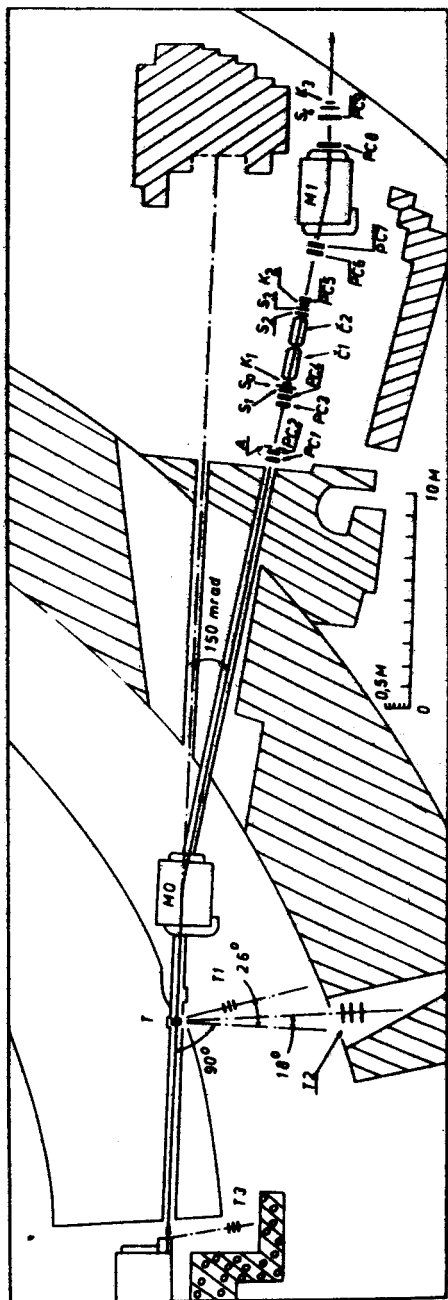


Рис.1. Схема расположения экспериментальной аппаратуры на канале медленного вывода синхротрона ОИИ. А, К₁, S₁, T₁ - сцинтилляционные счетчики, С₁, С₂ - пороговые черенковские счетчики, РС1 - пропорциональные камеры, Т - углеродная мишень 3,2 г/см³ / 30x140x21 мм³, М0 - отклоняющий магнит, М1 - анализирующий магнит. Отклонение частиц магнитным полем происходит в плоскости ХZ.

установки поле в М1 изменялось пропорционально полю в М0 так, чтобы частицы, летящие по оси установки, попадали в центр счетчика $S_4 / 200 \times 350 \text{ мм}^2$. Величины полей в магнитах контролировались с точностью 0,1% датчиками Холла. Интенсивность первичного пучка в ходе эксперимента варьировалась в пределах $/5,10^8 \pm 2 \cdot 10^{10} /$ частиц/цикл так, чтобы загрузка детекторов была $/0,5 \pm 1,0 / 10^6$ частиц/с. Для определения потока дейтронов, перехваченных мишенью, использовались сцинтилляционные телескопы Т1, Т2. Величина полного потока выводимых из ускорителя дейтронов контролировалась с помощью телескопа Т3. Кроме того, осуществлялось оперативное слежение за параметрами выведенного пучка благодаря взаимному обмену информацией между ЭВМ, обслуживающей установку, и ЭВМ, обслуживающей ускоритель^{/7/}.

Накопление данных проводилось в трех режимах: TR1, TR2, TR3. Основным режимом был TR1 = $S_1 \wedge S_2 \wedge S_3 \wedge S_4$. Доля протонной компоненты вторичного пучка определялась по информации, накопленной в режиме TR2 = $TR1 \wedge \check{C}_1 \wedge C_2$. Пороговые черенковские счетчики были настроены на регистрацию протонов с импульсом ≥ 5 ГэВ/с. Контроль эффективности детекторов установки проводился в режиме TR3 = $K_1 \wedge K_2 \wedge K_3 \wedge S_0 \wedge A$.

Переключение условий отбора событий осуществлялось по командам от ЭВМ с периодом в 10 циклов ускорителя, что обеспечивало корректный учет эффективности спектрометра при возможных изменениях условий эксперимента.

Обработка экспериментальной информации проводилась аналогично обработке наших данных о $d \rightarrow p$ фрагментации^{/4/}. Отбирались события, для которых: 1/ координаты точки взаимодействия /измеренные с точностью ± 10 мм в плоскости, перпендикулярной оси первичного пучка/ находились в пределах мишени; 2/ импульс и угол вылета зарегистрированной частицы из мишени не превышали установленных границ. Эти границы, определяющие акцептанс установки, фиксировались так, чтобы^вблизи них поправка на геометрическую неэффективность была не более 30%. При этом интервал захватываемых установкой импульсов был $p_0(1 \pm 0,06)$, где p_0 - импульс частиц, летящих параллельно оси установки, а интервалы углов вылета были $|\Theta_y| \leq 2$ мрад, $|\Theta_x - \Theta_0| \leq 2$ мрад. Величина Θ_0 линейно зависела от импульса, и в указанном импульсном диапазоне изменялась в пределах $/-7, +7 /$ мрад /см. работу^{/3/} /. Импульсное разрешение установки составляло $\sigma_p / p = \pm 0,4\%$.

Дифференциальные сечения инклюзивного рассеяния дейтронов ядрами углерода определялись по информации, накопленной в основном режиме TR1. Кроме дейтронов, в этом режиме регистрировались протоны от $d \rightarrow p$ фрагментации, которые имели импульс, меньший, чем 8,1 ГэВ/с - предельный для них по кинематике. Инвариантное сечение выхода таких протонов было измерено нами ра-

Инвариантные сечения неупругого рассеяния дейтронов
на углеороде при импульсе $p_d = 8,9$ ГэВ/с

№ п/п	P/p_d	$ t $ ГэВ ² /с ²	Сечение $\frac{мб \cdot ГэВ}{ср \cdot (ГэВ/с)^3}$	№ п/п	P/p_d	$ t $ ГэВ ² /с ²	Сечение $\frac{мб \cdot ГэВ}{ср \cdot (ГэВ/с)^3}$
1	0,7050	0,408	19,7±6,4	26	0,8475	0,092	66,5± 6,1
2	0,7150	0,376	8,6±6,1	27	0,8525	0,065	64,7± 6,0
3	0,7250	0,345	8,4±4,2	28	0,8575	0,079	71,3± 6,1
4	0,7350	0,316	8,2±4,3	29	0,8625	0,073	89,2± 7,4
5	0,7425	0,296	16,4±5,2	30	0,8675	0,068	127 ±10
6	0,7475	0,283	17,4±4,2	31	0,8725	0,062	117 ±10
7	0,7525	0,270	14,2±3,5	32	0,8775	0,057	129 ± 8
8	0,7575	0,258	15,2±3,0	33	0,8825	0,052	145 ± 9
9	0,7625	0,246	14,0±2,8	34	0,8875	0,048	151 ±10
10	0,7675	0,234	13,8±2,8	35	0,8925	0,043	163 ±13
11	0,7725	0,223	14,5±2,9	36	0,8975	0,039	219 ±13
12	0,7775	0,212	13,7±2,4	37	0,9025	0,035	192 ±12
13	0,7825	0,201	18,1±2,3	38	0,9075	0,032	242 ±14
14	0,7875	0,191	14,9±2,6	39	0,9125	0,028	256 ±16
15	0,7925	0,181	18,1±2,8	40	0,9175	0,025	259 ±16
16	0,7975	0,171	17,9±2,5	41	0,9225	0,022	270 ±17
17	0,8025	0,162	18,1±2,6	42	0,9275	0,019	388 ±32
18	0,8075	0,153	22,8±2,9	43	0,9325	0,016	441 ±33
19	0,8125	0,144	22,7±2,9	44	0,9375	0,014	544 ±37
20	0,8175	0,136	24,5±2,6	45	0,9425	0,012	417 ±34
21	0,8225	0,128	31,5±3,2	46	0,9475	0,010	456 ±42
22	0,8275	0,120	43,5±4,3	47	0,9525	0,008	709 ±68
23	0,8325	0,112	37,2±4,0	48	0,9575	0,006	734 ±69
24	0,8375	0,105	33,2±3,8	49	0,9625	0,005	766 ±71
25	0,8425	0,098	39,0±4,0				

нее^{4/} и учитывалось при вычислении искоемых сечений выхода дейтронов. Вклад от событий взаимодействия с фоновым веществом не превышал 10% во всей области измерений.

Нормировка данных, представленных в таблице, была определена в работе^{4/} с точностью $\approx 10\%$, поэтому сечения не поправлялись на кратное ядерное рассеяние в мишени, примесь которого не превышала 6%.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В таблице и на рис.2 представлены полученные результаты. Приводимые в таблице и на рисунке погрешности имеют статистический характер. На рис.2 показана также форма спектра в области $p/p_d \geq 0,96$. Данные из этого участка спектра в таблице не представлены и далее обсуждаться не будут, т.к. здесь форма спектра фактически представляет функцию импульсного разрешения установки.

Из рис.2 видно, что в интервале $0,7 \leq p/p_d \leq 0,96$ выход дейтронов вначале быстро падает с ростом потерянного продольного импульса, а затем скорость спада резко уменьшается. В измеренном нами спектре, возможно, имеются указания на нерегулярное поведение сечений в окрестности значений $p/p_d \sim 0,83$ и $p/p_d \sim 0,94$.

Полученные нами результаты можно сравнить с результатами других экспериментов. Такое сравнение мы проводим в терминах переменной t , поскольку эксперименты^{5,6/} аналогичные нашим, были выполнены при других кинематических условиях ($p \neq 0$). В работе Паппа и др.^{5/} приводятся данные об импульсном спектре дейтронов из реакции $dC \rightarrow dX$ при импульсах 3,5 и 5,8 ГэВ/с. Угол, под которым регистрировались дейтроны, в этом эксперименте был 43,6 мрад. Из рис.3, где представлены наши данные и часть данных из работы^{5/}, видно, что результаты обоих экспериментов согласуются.

Эксперимент Л.С.Ажгирея и др.^{6/} был выполнен при импульсе дейтронов 6,3 ГэВ/с. Угол, под которым регистрировались дейтроны, составлял 103 мрад, т.е. измерения проводились в области $|t| > 0,41$ ГэВ²/с². Авторы этой работы приводят величины дифференциальных сечений выхода неупруго рассеянных дейтронов, проинтегрированные по их импульсам в интервалах $5,0 \leq p \leq 5,9$ ГэВ/с/ и $2,6 \leq p \leq 3,6$ ГэВ/с/. Из этих данных мы оценили значения инвариантных сечений:

$$\frac{E}{p^2} \frac{d^2 \sigma}{dp d\Omega} \approx \frac{E}{\bar{p}^2 \Delta} \frac{1}{d\Omega} \frac{d\sigma}{d\Omega},$$

где \bar{p} - средний импульс регистрируемых дейтронов для каждого из указанных интервалов, Δ - ширина интервала, $E = (\bar{p}^2 + M_d^2)^{1/2}$,

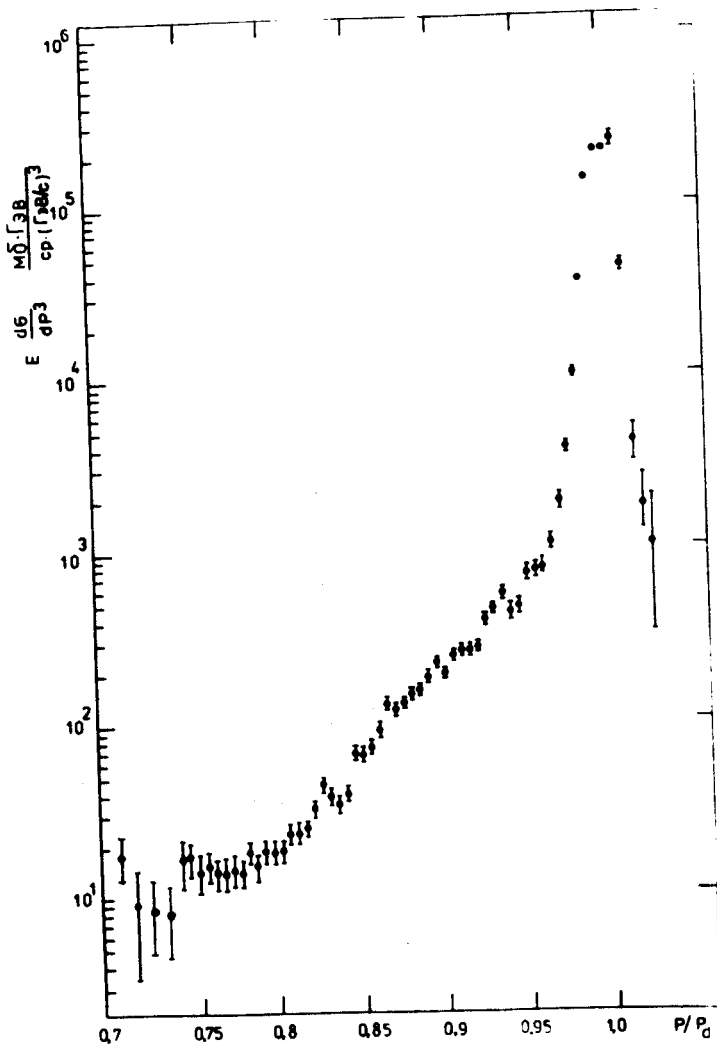


Рис.2. Инвариантное сечение неупругого рассеяния дейтронов на углероде с вылетом регистрируемых дейтронов "вперед" в зависимости от доли (p/p_d) уносимого дейтроном начального импульса $p_d = 8,9$ ГэВ/с.

M_d - масса дейтрона. Для первого импульсного интервала, соответствующего $0,41 \leq |t| \leq 0,50$ /ГэВ²/с²/, величина инвариантного сечения составила $2,4 \pm 0,4$ /мб.ГэВ /ср. /ГэВ/с/³ /см. рис.3/. Для вто-

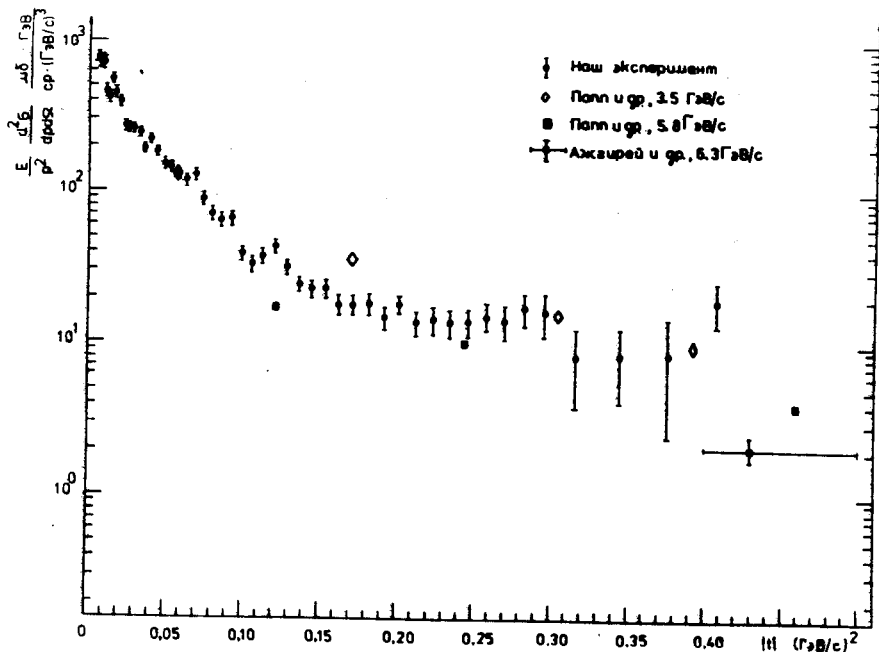


Рис.3. Инвариантное сечение неупругого рассеяния дейтронов на углероде с вылетом регистрируемых дейтронов "вперед" в зависимости от квадрата переданного 4-импульса t .

рого интервала, соответствующего $1,2 \leq |t| \leq 2,5 / \text{ГэВ}^2/\text{с}^2$, сечение равно $1/4 + 1/ \frac{mb \cdot \text{ГэВ}}{sr \cdot \text{ГэВ}/\text{с}^2}$. Погрешности приводимых оценок включают вклады статистических и систематических ошибок, указанных в работе ^{8/}. Из приведенного сравнения видно, что результаты нашего эксперимента не противоречат результатам работы ^{8/}.

Взятые в совокупности имеющиеся и полученные нами данные указывают на то, что, начиная с $|t| \sim 0,2 \text{ ГэВ}^2/\text{с}^2$ и вплоть до $|t| \sim 2,5 \text{ ГэВ}^2/\text{с}^2$, сечения меняются с ростом переданного 4-импульса значительно медленнее, чем при $|t| < 0,2 \text{ ГэВ}^2/\text{с}^2$.

Авторы благодарны З.П.Мотиной и Р.Н.Петровой за большую помощь на всех этапах выполнения данной работы.

Авторы признательны коллективам отделом Лаборатории высоких энергий ОИЯИ за обеспечение хорошей работы ЭВМ и синхрофазотрона, руководству Лаборатории - за поддержку и обеспечение возможностей проведения эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bergström L., Fredriksson S. Rev.Mod.Phys., 1980, vol.52, p.675; Baldin A.M. Progr.Part.& Nucl.Phys., 1980, vol.4, p.95; Мещеряков М.Г. В кн.: Мультикварковые взаимодействия и квантовая хромодинамика. ОИЯИ, Д1,2-81-728, Дубна, 1981, с.260.
2. Доркин С.М. и др. ОИЯИ, Р2-82-81, Дубна, 1982.
3. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, 13-81-782, Дубна, 1981.
4. Ableev V.G. et al. In: Abstracts of the Contr.Papers, Versailles, 6-10 Juillet 1981. 9 ICONEPANS 91191, Gif-sur-Yvette, Cedex, p.A70.
5. Rapp J. LBL-3633, Berkeley, 1975.
6. Ажгирей Л.С. и др. ЯФ, 1978, 27, с.1027.
7. Волков В.И. и др. ОИЯИ, 10-81-261, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 апреля 1982 года.