

90-561



**сообщения  
Объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна**

P1-90-561

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЙ  $^3\text{He}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
ПРИ 13,5 ГэВ/с**

**Сотрудничество: Варшава - Дубна - Кошице -  
Москва - Страсбург - Тбилиси**

**1990**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

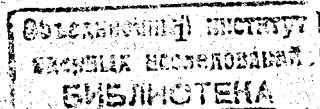
Релятивистская ядерная физика в течение последних десяти-пятнадцати лет прошла этап интенсивного развития. Для энергии до сотен ГэВ/нуклон исследовался широкий спектр ядер — от легчайших до самых тяжелых. Для понимания сложной картины адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий большую ценность представляют исследования взаимодействий легчайших ядер с протоном. В этой связи надо подчеркнуть, что для выяснения механизмов взаимодействия важно получить полную информацию о событиях: импульсы, массы и заряды всех вторичных частиц. Этим требованиям в настоящее время более всего удовлетворяют трековые приборы и, в частности, водородная пузырьковая камера, являющаяся одновременно чистой мишенью и 4 $\pi$ -детектором, позволяющим проводить эксклюзивное изучение ряда реакций.

Использование пучка ускоренных ядер, падающих на водородную мишень, способствовало тому, что все фрагменты были быстрыми, и их импульсы хорошо измерялись и идентифицировались<sup>1,2</sup>. Стосантиметровая водородная пузырьковая камера ЛВЭ ОИЯИ была облучена пучками ядер  $^2\text{H}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^{16}\text{O}$  и поляризованными дейтронами. Список работ по исследованиям дейтрон-протонных взаимодействий можно найти, например, в<sup>3,4</sup>. Некоторые результаты по изучению  $^4\text{He}$ -взаимодействий опубликованы в<sup>2,5-7</sup>. Предварительные данные по изучению взаимодействий поляризованных дейтронов с протонами приведены в работе<sup>8</sup>.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТ

Целью настоящей работы является определение сечений  $^3\text{He}$  p-взаимодействий при импульсе падающего ядра  $^3\text{He}$  13,5 ГэВ/с с помощью 100-сантиметровой водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ. Обоснование выбора пучка ядер  $^3\text{He}$  приведено в<sup>9</sup>. Подробное описание метода получения ускоренных ядер, канала транспортировки пучка на экспериментальную установку, параметры пучка можно найти в работе<sup>9</sup>.

Фотопленки с изображениями событий обрабатывались в лабораториях сотрудничества по стандартной схеме: двукратный просмотр, измере-



ние координат в плоскости пленок, пространственное восстановление, кинематический анализ и визуальная оценка плотности следов заряженных частиц. Использовались адаптированные версии библиотеки программ пространственной реконструкции и кинематического анализа событий CERN HYDRA. Магнитная лента суммарных результатов содержит 37286 событий.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Некоторые результаты изучения <sup>3</sup>Нер-взаимодействий при 13,5 ГэВ/с, такие, как, например, аномальное поведение двухзарядных вторичных фрагментов<sup>10</sup> и результаты изучения безмезонного развала <sup>3</sup>Нер → rrrp уже публиковались<sup>11</sup>. Предварительные значения поперечных сечений на ограниченной статистике приведены в работе<sup>19</sup>, где оценка систематических потерь проводилась на основе сравнения дифференциального сечения упругого канала с результатами расчета по модели Глаубера.

В настоящей работе систематические потери оцениваются по экспериментальным данным без привлечения моделей. Почти все систематические потери сосредоточены в канале упругого рассеяния и связаны с пороговым значением импульса протона, наблюдаемого в камере, и/или с большим углом погружения частицы отдачи (с малыми длинами проекций следов на плоскость пленки). В нашем случае порог для протонов отдачи составляет ≈ 80 МэВ/с. При выбивании одного нуклона из ядра <sup>3</sup>Не протону отдачи сообщается импульс ≥ 130 МэВ/с; это дает основное пренебречь потерями в неупругих каналах реакции.

Сечения определялись на части событий, которая представляет примерно 50% всей статистики. Это 26087 событий из просмотра, которые соответствуют N<sub>0</sub> = 239406 пучковым следам. Средняя эффективность двукратного просмотра была 99%, а в случае двухлучевых событий была внесена поправка на эффективность просмотра и на потери следов с короткими пробегами и большими углами погружения. Как отмечалось выше, эти события с малыми значениями квадрата переданного четырехимпульса от протона мишени к протону отдачи ( $|t| < 0,02$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>) в основном сосредоточены в упругом канале.

Если потери, связанные с малыми значениями  $|t|$ , распределены равномерно по всему интервалу азимутального угла протона отдачи, то потери, вызванные большими углами погружения, проявляются в области определенных значений азимутального угла. Область азимутального угла, куда дают вклад оба источника потерь, была найдена фитированием суммы двух гауссовских функций к распределению по азимутальному углу протона отдачи.

Поправка к числу событий, где значение квадрата переданного четырехимпульса  $|t| < 0,02$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>, была найдена экстраполяцией фитированной экспоненциальной функции к распределению по dN/dt. Фитирование в области  $0,02 < |t| < 0,12$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> дает значение наклона  $b = 33,2 \pm 1,3$  (ГэВ/с)<sup>-2</sup>. Эта процедура была применена только для той области, где потери по азимутальному углу отсутствовали. В результате было найдено, что систематические потери в упругом канале составляют  $3125 \pm 190$  событий, т.е. 44% всех двухлучевых событий.

Значение полного сечения  $\sigma_t$  вычисляется по стандартному выражению

$$N = N_0 [1 - \exp(-\sigma_t \rho N_A l_e)], \text{ где}$$

N — полное число событий из просмотра после всех поправок, N<sub>0</sub> — число пучковых треков, N<sub>A</sub> — число Авогадро,  $\rho$  — плотность водорода при рабочих условиях камеры, l<sub>e</sub> — эффективная длина рабочей области камеры. Значение плотности водорода и выражение для l<sub>e</sub> взяты из работы<sup>12</sup>. Длина эффективной области камеры оказалась равной l<sub>e</sub> = (32,97 ± 0,05) см. Полное число событий N = 27497 ± 176 соответствует значению полного сечения  $\sigma_t = (118,0 \pm 1,2)$  мб. Для видимого и полного упругого сечений получены следующие значения:  $\sigma_{vis} = (106,0 \pm 1,6)$  мб и  $\sigma_{el} = (24,2 \pm 1,0)$  мб. Оценка полного сечения получена из оптической точки  $\sigma_{opt} = (124,9 \pm 7,7)$  мб. Полученные значения сечений не противоречат данным, опубликованным на части статистики<sup>19</sup>. Число событий из просмотра и топологические сечения приведены в таблице. Для двухлучевых событий в первой строке таблицы даются по отдельности значения видимых и невидимых частей. Приведенные ошибки статистические.

Таблица. Топологические сечения <sup>3</sup>Нер-взаимодействий: \* — видимая и \*\* — невидимая части

Топология	Число событий	Топологические сечения (мб)
2	3911 ± 74* 3125 ± 190**	15,1 ± 0,3* 12,0 ± 0**
2	7036 ± 204	27,1 ± 0,9
3	16217 ± 134	62,5 ± 1,0
4	213 ± 16	0,82 ± 0,06
5	6650 ± 82	25,6 ± 0,5
6	17 ± 4	0,07 ± 0,02
7	483 ± 22	1,86 ± 0,09
≥ 8	6 ± 2	0,0023 ± 0,008

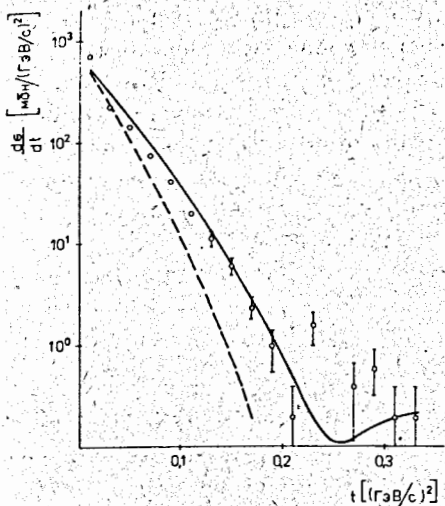


Рис.1. Дифференциальное сечение  $d\sigma/dt$  для  ${}^3\text{He}$  упругого рассеяния. Кривые — результаты расчета по модели многократного рассеяния Глаубера с гауссовской одночастичной плотностью. Входные параметры модели  $a = -0,33$ ,  $\sigma = 42$  мб; сплошная линия —  $R = 1,51$  фм,  $b_{pN} = 6,7$   $(\text{ГэВ/с})^{-2}$ ; штриховая линия —  $R = 1,88$  фм,  $b_{pN} = 7,2$   $(\text{ГэВ/с})^{-2}$ . Первая точка учитывает поправки на потери.

можно сравнить со значениями  $\sigma_t = (125,2 \pm 1,5)$  мб и  $\sigma_{el} = (24,5 \pm 1,3)$  мб при импульсе 5 ГэВ/с ядра  ${}^3\text{He}^{13}$ .

На рис.1 сравниваются результаты расчета по модели многократного рассеяния Глаубера<sup>14</sup> и распределение дифференциального сечения по квадрату переданного четырехимпульса для упругого канала. В расчетах использовалось полное сечение протон-нуклонного рассеяния  $\sigma_{pN} = (2\sigma_{pp} + \sigma_{pn})/3 = 42$  мб и отношение действительной и мнимой частей амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния  $a = -0,33$ . Кривые соответствуют двум наборам параметров: параметр одночастичной плотности яд-

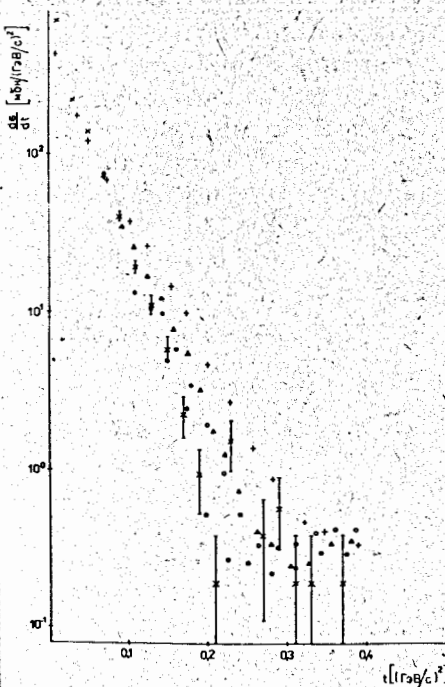


Рис.2. Сравнение экспериментальных распределений  $d\sigma/dt$  для процесса  ${}^3\text{He} \rightarrow {}^3\text{He}$  при разных значениях импульса протона. Обозначения:  $+ - p_p = 0,975$  ГэВ/с;  $\circ - p_p = 1,361$  ГэВ/с;  $\bullet - p_p = 1,696$  ГэВ/с<sup>17</sup>;  $\Delta - p_p = 1,219$  ГэВ/с<sup>15</sup>;  $\times - p_p = 3,375$  ГэВ/с, результаты настоящей работы.

ра  $R = 1,51$  фм<sup>15</sup> и  $b_{pN} = 6,7$   $(\text{ГэВ/с})^{-2}$  — наклон дифференциального сечения элементарного протон-нуклонного рассеяния для сплошной кривой;  $R = 1,88$  фм<sup>19</sup> и  $b_{pN} = 7,2$   $(\text{ГэВ/с})^{-2}$  для штриховой линии. В обоих случаях можно говорить лишь о качественном согласии, причем кривая с  $R = 1,51$  фм в области  $|t| < 0,12$   $(\text{ГэВ/с})^2$  превышает экспериментальные результаты, а другая кривая лежит систематически ниже экспериментальных точек. Сравнение экспериментальных данных  ${}^3\text{He}$  упругого рассеяния при  $T_p = 600$  МэВ и расчетов по Глауберу с одночастичной гауссовской плотностью<sup>15</sup> в интервале  $|t| < 0,13$   $(\text{ГэВ/с})^2$  тоже показывает превышение над экспериментальными значениями. Причины этого расхождения могут быть различными, например, пренебрежение спиновой частью волновой функции и неприменимость использованной одночастичной гауссовской плотности<sup>16</sup>. По поводу спиновых эффектов хотелось бы, однако, отметить, что в случае  ${}^3\text{He}$ -упругого рассеяния получается хорошее описание данных<sup>15</sup>.

Сравнение распределений по  $d\sigma/dt$  для реакции  ${}^3\text{He} p \rightarrow {}^3\text{He} p$  при нескольких значениях импульса протона приведено на рис.2. Целью сравнения было сопоставить полученные результаты с некоторыми мировыми данными. Из рисунка видно, что наши результаты не противоречат представлению об убывании сечения упругого канала с ростом энергии.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе определены полное, упругое и топологические сечения  ${}^3\text{He}$ -взаимодействий при импульсе ядра  ${}^3\text{He}$  13,5 ГэВ/с. Распределение дифференциального сечения по квадрату переданного четырехимпульса от протона-мишени к протону отдачи в упругом канале реакции неудовлетворительно описывается в модели многократного рассеяния Глаубера с гауссовской одночастичной плотностью. Полученные данные не противоречат, однако, результатам других экспериментов.

Авторы благодарят М.Стегликову за оформление рисунков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aladashvili B.S. et al. — Nucl. Instr. & Meth., 1975, 129, p.109.
2. Glagolev V.V. et al. — Phys. Rev., 1978, C18, p.1382.
3. Амелин Н.С., Глаголев В.В., Лыкасов Г.И. — ЭЧАЯ, 1982, 13, с.130.
4. Dolidze M.G. et al. — Z.Phys., 1986, A325, p.391; Глаголев В.В. и др. — ЯФ, 1990, 51, с.736.

5. Glagolev V.V. et al. — Z. Phys., 1984, A317, p.335;  
Зелински П. и др. — ЯФ, 1984, 40, с.482;  
Glagolev V.V. et al. — Nucl. Phys., 1985, A445, p.572;  
Зелински П. и др. — ЯФ, 1986, 43, с.791;  
Зелински П. и др. — ЯФ, 1988, 47, с.744.
6. Vano M. et al. — Phys. Lett., 1986, 166B, p.453.
7. Braun H. et al. — Czech. J. Phys., 1989, B39, p.1267.
8. Balgansuren J. et al. — Труды VII Межд. Симп. по спиновым явлениям в физике высоких энергий. Протвино, сент. 1986. ИФВЭ, Протвино, 1987;  
Глаголев В.В. и др. — Сообщение ОИЯИ, P1-88-6, Дубна, 1988.
9. Буздавина Н.А. и др. — Сообщение ОИЯИ, 1-81-530, Дубна, 1981.
10. Vano M. et al. — Phys. Lett., 1987, B196, p.255.
11. Глаголев В.В. и др. — Сообщение ОИЯИ, P1-88-592, Дубна, 1988.
12. Аладашвили Б.С. и др. — Сообщение ОИЯИ, 1-7645, Дубна, 1973.
13. Блинов А.В. и др. — ЯФ, 1985, 41, с.1440.
14. Czyz W., Lesniak L. — Phys. Lett., 1967, B24, p.227.
15. Fain J. et al. — Nucl. Phys., 1976, A262, p.413.
16. McCarthy J.S. et al. — Phys. Rev. Lett., 1970, 25, p.884.
17. Bruge G. — DPh — N/ME/78-1, CEN Saclay, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 декабря 1990 года.