

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3336/83

24/6-83

P1-83-142

Е.Балеа,¹ О.Балеа,¹ В.Болдеа,¹ И.Н.Ерофеева,²
Д.К.Копылова, В.С.Мурзин,² Т.Понта,¹
С.Ю.Сивоклоков,² С.Хакман,¹ А.П.Чеплаков

ИЗУЧЕНИЕ НЕУПРУГИХ dC -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
ПРИ $P_d = 8$ ГэВ/с
С ОБРАЗОВАНИЕМ ДВУХ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ

¹ЦИФИ, Бухарест

²НИИЯФ МГУ, Москва

1983

ОТБОР СОБЫТИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИМПУЛЬСА ПЕРВИЧНЫХ ДЕЙТРОНОВ

В настоящей статье приводятся и обсуждаются экспериментальные данные по изучению $d(C_3H_8)$ -взаимодействий при $P_d = 8$ ГэВ/с. Эта работа является продолжением работ ^{1,2/}.

На снимках с 2-метровой пропановой камеры отбирались неупругие события всех множественностей с одной и двумя быстрыми частицами, вылетающими под любыми углами. После измерений в статистику вошли только те события, где импульс частицы $/1/ - P(1) > 5,2$ ГэВ/с, а импульс частицы $/2/ P(2) > 1,6$ ГэВ/с. Относительные ошибки в импульсах частиц $/1/$ и $/2/ - \Delta P/P < 15\%$

$d + (C_3H_8) \rightarrow 1 + \dots \rightarrow (p_k, d') + \dots$ $/149$ соб./ $/1/$

$d + (C_3H_8) \rightarrow 1 + 2 + \dots \rightarrow (p_k, d') + p + \dots$ $/112$ соб./ $/2/$

Область изменения P_1 частицы $/1/ \chi = P_1/P_d = 0,65-0,9$; обоснование выбора граничных значений $P(1)$ и $P(2)$ и разделение частиц $/1/$ по массам на кумулятивные протоны и быстрые d' приводится в работах ^{1,2/}. Число событий реакции $/2/$ составляет $\sim 11\%$ от числа событий реакции $/1/$. Для увеличения числа событий только реакции $/2/$ был сделан специальный просмотр пленок.

Разделение $d(C_3H_8)$ событий по типам на dp и dC -взаимодействия проводилось обычным для этой методики способом. Найдено, что события реакции $/1/$ являются dC -взаимодействиями в $\sim 49\%$ случаев, а события реакции $/2/$ - в 87% ^{2/}.

Как будет ясно из дальнейшего изложения, в событиях реакции $/2/$ необходимо точно знать импульс первичного дейтрона. Для определения P_d проводились измерения непрореагировавших первичных дейтронов на полной длине камеры /рис.1б/ на тех пленках, где отбирались события реакции $/2/$. Среднее значение импульса первичного d получилось равным $7,9$ ГэВ/с со средней квадратичной ошибкой $\sigma = 0,065$ ГэВ/с.

Во всех событиях с двумя быстрыми частицами, отобранными при просмотре, одновременно с вторичными треками измерялись и первичные /рис.1а/. После измерений из этой группы событий по критериям были выделены события реакции $/2/$ /см. рис.1а - заштрихованная часть/. Средняя длина первичных треков, дающих взаимодействия, мала $/\bar{L} = 30$ см/, но средние значения P_d совпадают с \bar{P}_d , измеренным на полной длине камеры. Для событий реакции $/2/$ взято

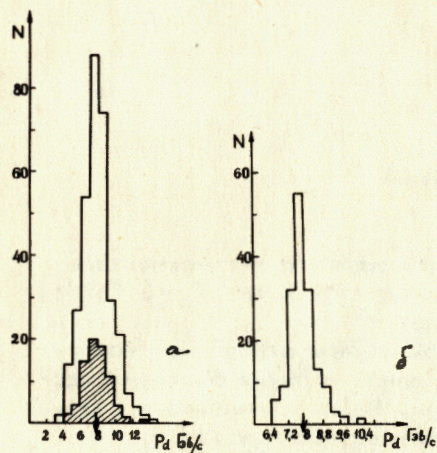


Рис.1. Импульсное распределение первичных дейтронов. а/ Первичные дейтроны из событий с двумя быстрыми частицами. б/ Не взаимодействовавшие дейтроны на полной длине камеры. Заштрихованы события реакции /2/.

$P_d = 8$ ГэВ/с, т.к. в статистику добавлено небольшое число событий с пленок другого облучения, где $P_d = 8,4$ ГэВ/с.

Оценим возможную примесь ядер в пучке дейтронов, которые могут иметь больший, чем P_d , импульс. Допустим, что ускорился ^4He , который, провзаимодействовав до

эффективного объема камеры, дал t и ^3He с импульсом ~ 12 ГэВ/с. Из изотопической симметрии следует, что вероятности реакций $^4\text{He} \rightarrow t + p$ и $^4\text{He} \rightarrow ^3\text{He} + p$ одинаковы. Среди первичных дейтронов $\sim 10\ 000$ следов/ не найдено ни одной двухзарядной частицы (^3He), следовательно, нет и t .

СУММА ПРОДОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ С ДВУМЯ БЫСТРЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Для событий реакций /1/ и /2/ была найдена сумма продольных импульсов всех заряженных частиц во взаимодействии ($\Sigma P_{\parallel i}$). Как уже указывалось, относительные ошибки в импульсах ($\Delta P/P$) быстрых частиц, которые дают основной вклад в $\Sigma P_{\parallel i}$, меньше 15%. Ошибка в $\Sigma P_{\parallel i}$ вычислялась как $\sqrt{\Sigma \Delta P_{\parallel i}^2}$.

Распределение $\Sigma P_{\parallel i}$ для событий реакции /2/ и величины относительных ошибок суммарного продольного импульса $\frac{\Delta \Sigma P_{\parallel i}}{\Sigma P_{\parallel i}}$ в зави-

симости от $\Sigma P_{\parallel i}$ представлены на рис.2. Для событий реакции /1/ среднее значение $\Sigma P_{\parallel i}$ получено равным $6,8$ ГэВ/с^{1/}, а для событий реакции /2/ - $\Sigma P_{\parallel i} = 9$ ГэВ/с. В распределении $\Sigma P_{\parallel i}$ для событий реакции /2/ /рис.2а/ определена дисперсия и средняя квадратичная ошибка среднего значения $\bar{\Sigma P}_{\parallel i}$, равная $0,09$ ГэВ/с. Превышение $\bar{\Sigma P}_{\parallel i}$ над импульсом первичного d с учетом ошибки в P_d составляет $/1 \pm 0,12/$ ГэВ/с. Следует обратить внимание на то, что статистически обеспеченное превышение $\Sigma P_{\parallel i}$ над первичным импульсом d наблюдается только в событиях /при нашем отборе/, где есть две быстрые заряженные частицы, и только тогда, когда $P_d \geq /6-7/$ ГэВ/с^{1/}. При $P_d = 4,6$ ГэВ/с

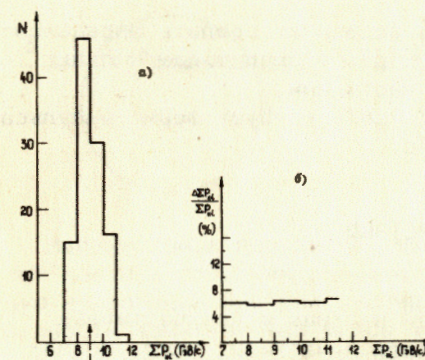


Рис.2. а/ Распределение суммы продольных импульсов заряженных частиц в событиях реакции /2/. б/ Значение относительной ошибки суммарного продольного импульса $\frac{\Delta \Sigma P_{\parallel i}}{\Sigma P_{\parallel i}}$ в зависимости от $\Sigma P_{\parallel i}$ в тех же событиях.

в событиях с двумя быстрыми частицами $\bar{\Sigma P}_{\parallel i} = 4,58 \pm 0,1$, а для $P_d = 8,0$ ГэВ/с - уже $\bar{\Sigma P}_{\parallel i} = /9 \pm 0,09/$ ГэВ/с.

Распределение $\Sigma P_{\parallel i}$ для событий реакции /1/ /рис.2а/ нормировалось на имеющееся число событий реакции /2/ и делалось сравнение числа событий с $\Sigma P_{\parallel i} > P_d$, найденных экспериментально, с числом событий с $\Sigma P_{\parallel i} > P_d$ из-за ошибок измерения. Зная σ распределения $\Sigma P_{\parallel i}$ /рис.2а/ и используя интеграл вероятности, можно определить число событий, которые должны иметь $\Sigma P_{\parallel i} > P_d$ из-за ошибок измерений. Отличие наблюдаемого числа взаимодействий с $\Sigma P_{\parallel i} > P_d$ от объясняемого ошибками измерений находится за пределами 3-кратной ошибки: $\Delta = (N_{\text{эксп}} \pm \delta_1) - (N_{\text{ош}} \pm \delta_2)$; $\Delta = 33 \pm 10$.

Для того, чтобы выполнялся закон сохранения импульса, надо предположить, что во взаимодействиях с двумя быстрыми частицами вперед вылетают нейтральные частицы назад или существует ядро отдачи, которое в пропановой камере не наблюдается.

Предположим, что в реакции /2/ вылетает назад нейтрон. Сравним эти события с событиями реакции /1/. В 11% случаев реакция /1/ - это та же реакция /2/, но с вылетом быстрого нейтрона вперед, а протона - назад. Однако протонов назад с $P_p \geq /0,4-0,5/$ ГэВ/с в событиях реакции /1/ нет.

В событиях реакций /1/ и /2/ образуются π^0 -мезоны, вылетающие, в основном, в переднюю полусферу. Найдено, что в реакции /1/ $N_{\gamma} / N_{\text{вз}} = /0,08 \pm 0,02/ \times \bar{W}$, а в реакции /2/ - $N_{\gamma} / N_{\text{вз}} = /0,12 \pm 0,03/ \times \bar{W}$, где \bar{W} - средний вес γ -кванта, равный 11.

Возможно, импульс отдачи в событиях реакции /2/ распределяется между всеми нуклонами ядра углерода, и его кинетическая энергия имеет значение

$$\frac{P_{\text{отд.}}^2}{2(M_c - 2)} \approx 0,04 \text{ ГэВ.}$$

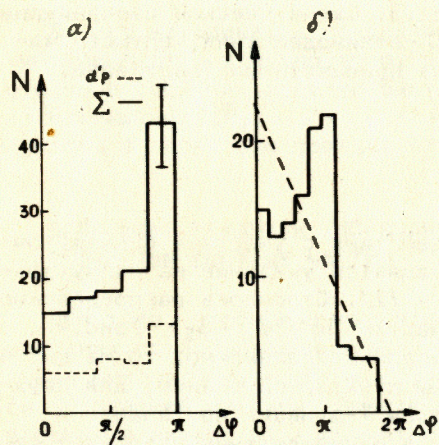


Рис. 4. Распределение разности азимутальных углов $\Delta\phi = |\phi_1 - \phi_2|$ быстрых частиц /1/ и /2/ из событий реакции /2/. а/ Пунктирная гистограмма - распределения $\Delta\phi$ для d' и быстрого р. Сплошная гистограмма - суммарное распределение $\Delta\phi$ для d' и p_k в событиях реакции /2/. б/ Гистограмма - экспериментальное распределение; пунктирная прямая - распределение по $\Delta\phi$ для независимых частиц

СЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ dC-ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ С БЫСТРЫМИ ЧАСТИЦАМИ

В работе /1/ найдено сечение образования событий реакций /1/ и /2/, которое растет с ростом P_d . При увеличении числа dC-событий /112/ реакции /2/ при $P_d = 8$ ГэВ/с получено более точное значение сечения этих событий на углероде /2±0,3/ мб, что составляет ~0,5% от $\sigma_{in}(dC)$. В работе /1/ приведено сечение событий реакции /2/ на C в молекуле C_3H_8 , равное /5±1,5/ мб.

Инвариантное сечение образования событий с быстрыми частицами $\frac{E}{P_d^2} \frac{d\sigma}{dP}$ в области $P_d = 5-10$ ГэВ/с в пределах ошибок не зависит от P_d .

Инвариантное сечение $dC \rightarrow d' + \dots$ взаимодействий из реакции /1/ сравнивалось с сечением инклюзивной реакции $dC \rightarrow d' + \dots$ при $P_d = 8,9$ ГэВ/с, полученными электронной методикой в работах /6,7/. Из этих работ известны инвариантные сечения $dC \rightarrow d' + \dots$ реакции,

где вторичный дейтрон вылетает под углом $\theta = 0^\circ / 150 \frac{\text{мб ГэВ}}{\text{ср ГэВ/с/с}^3}$

Таблица

Облучение	P_d ГэВ/с	Число соб. N $\Delta P_d/P_d < 25\%$	$\Delta = \frac{N_{\text{исл}} - N_{\text{т}}}{N_{\text{т}}}$ $\Sigma P_{\text{и}} > P_0$
$P(C_3H_8)$	4,2	709	(2±0,7)%
	9,8	676	(4±1,5)%
$d(C_3H_8)$	8,2	882	(5±1,1)%

и под углом $\theta = 6^\circ / 1,4 \frac{\text{мб ГэВ}}{\text{ср ГэВ/с/с}^3}$

на тот же интервал Δp , что и в нашем случае. После интегрирования функции зависимости σ от угла /для упрощения была взята прямая/ от 0 до 6° получена величина сечения $\sim 1,7 \frac{\text{мб ГэВ}}{\text{ГэВ/с/с}^3}$.

Сечение реакции $dC \rightarrow d' + \dots$ в пропановой камере на тот же интервал углов вылета d' и его импульсный интервал ΔP составляет $\sim 0,4 \frac{\text{мб ГэВ}}{\text{ГэВ/с/с}^3}$. В основном это различие объясняется

потерей в камере событий с малой передачей импульса ядру, т.е. однолучевых звезд /с изломом в вершине звезды на $\theta = 1-2^\circ$ /. Так, в работе /1/, где приводится импульсный спектр быстрых d' в $d(C_3H_8)$ -взаимодействиях при $P_d = 8,2$ ГэВ/с, в области $\chi = 0,75-0,9$ нет такого резкого подъема, какой есть в инклюзивных спектрах d' , полученных электронной методикой /6/.

В распределении по $t(d \rightarrow d')$ для d' в области $t < 0,1$ /ГэВ/с² также уменьшается число событий /2/, в то время как в работе /6/ наблюдается в этой области χ резкий подъем.

Число событий реакции /1/ в dTa-взаимодействиях с $P_d = 8$ ГэВ/с меньше, чем в $d(C_3H_8)$ -взаимодействиях приблизительно в 2 раза /1,5% и 3,5% от полного числа событий/. Уменьшение сечения образования лидирующих частиц с ростом A-мишени предсказывается в работе /8/. Статистика событий с быстрыми частицами в dTa-взаимодействиях мала.

Можно думать, что механизм образования dC-взаимодействий с двумя быстрыми частицами, если на первом его этапе образуется промежуточная масса, идентичен механизму квазисвободного выбивания многонуклонных ассоциаций (He, t) из ядер протонами /9,10/. В работе /11/ получено, что дифференциальное сечение квазиупругого выбивания d из ядер вперед /6°/ в интервале начальных импульсов P от 1,3 до 4,3 ГэВ/с падает приблизительно в 100 раз. Уменьшение сечения образования реакции $p \rightarrow d\pi^+\pi^-$ с увеличением импульса нейтрона наблюдалось также в работе /12/.

В случае dC-взаимодействий с образованием двух быстрых частиц уменьшения сечения с ростом P_d не наблюдается. С увеличением P_0 , возможно, возрастает роль процессов, когда промежуточная масса при вылете из ядра фрагментирует на адроны. Необходимо подробнее изучить события с $\Sigma P_{\text{и}} > P_0$, понять механизм их образования, а тем самым и механизм образования кумулятивных частиц. Желательно исследование этого явления также другой методикой.

ВЫВОДЫ

1. В dC-взаимодействиях с $P_d = 8$ ГэВ/с, где образуются две быстрые частицы, сумма продольных импульсов всех заряженных частиц в событии больше, чем импульс первичного дейтрона

$$\bar{\Sigma P}_{\text{и}} - P_d = 1 \pm 0,12 / \text{ГэВ/с}.$$

2. В экспериментальном $\Delta\phi = |\phi_1 - \phi_2|$ распределении получено указание на азимутальную корреляцию двух быстрых частиц в этих взаимодействиях.

3. На основании экспериментальных результатов сделано предположение о том, что взаимодействие дейтрона с ядром идет через образование промежуточного состояния с массой $>2m_N$, которая затем фрагментирует на быстрые частицы. Одна из них является кумулятивным протоном или быстрым дейтроном.

4. Сечение неупругих dC -взаимодействий с $P_d = 8$ ГэВ/с с образованием двух быстрых частиц получено равным $/2+0,3/$ мб, что составляет 0,5% от $\sigma_{in}(dC)$.

Авторы благодарят В.Г.Гришину, Е.Н.Кладницкую, В.Н.Печенова, М.И.Подгорецкого, Ю.А.Трояна за помощь в работе и полезные обсуждения, а также выражают благодарность коллективу 2-метровой пропановой камеры и лаборантам отдела за получение и обработку снимков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sheplakov A.P. et al. JINR, E1-80-711, Dubna, 1980. Копылова Д.К. и др. ЯФ, 1981, т. 34, вып.2/8/.
2. Балеа Е. и др. ОИЯИ, P1-83-140, Дубна, 1983.
3. Ефремов А.В. ЭЧАЯ, 1982, т. 13, вып.3.
4. Collins J.S., Perry M.J. Ph.Rev.Let., 1975, 34, p. 1353.
5. Лукьянов В.К., Титов А.И. ЭЧАЯ, 1979, т. 10, вып. 4.
6. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, 1-82-278; E1-82-377, Дубна, 1982.
7. Ажгирей Л.С. и др. ЯФ, 1978, т. 27, с. 1027; ОИЯИ, E1-12-296, Дубна, 1979.
8. Анисович В.В. и др. ЯФ, 1978, т. 28, с. 1063.
9. Комаров В.И. ЭЧАЯ, 1974, т. 5, вып. 2.
10. Арефьев А.В. и др. ЯФ, 1979, т. 29, вып.2.
11. Ажгирей Л.С. и др. ЯФ, 1978, т. 28, вып.4.
12. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10034, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 марта 1983 года.

Балеа Е. и др.

P1-83-142

Изучение неупругих dC -взаимодействий при $P_d = 8$ ГэВ/с с образованием двух быстрых частиц

На снимках с 2-метровой пропановой камеры исследовались неупругие $d(C_3H_8)$ взаимодействия с $P_d = 8$ ГэВ/с с вылетом быстрых дейтронов d' и кумулятивных протонов p_K в области $\chi = P_{d'}/P_d = 0,65-0,9$. В dC -событиях, где помимо одной быстрой частицы d' или p_K образуется еще быстрый протон /112 событий/, найдено, что сумма продольных импульсов всех заряженных частиц во взаимодействии больше, чем импульс первичного дейтрона $\Sigma \vec{P}_{d'1} - P_d = /1+0,12/$ ГэВ/с. Сечение таких взаимодействий - $/2+0,3/$ мб или 0,5% от $\sigma_{in}(dC)$. В экспериментальном $\Delta\phi = |\phi_1 - \phi_2|$ распределении, где ϕ_1 и ϕ_2 - азимутальные углы быстрых частиц во взаимодействии, получено указание на азимутальную корреляцию этих частиц. Сделано предположение, что такие dC -взаимодействия идут через образование промежуточного состояния с массой $>2m_N$, фрагментирующей затем на быстрые частицы, одна из которых является кумулятивным протоном или быстрым дейтроном.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Balea E. et al.

P1-83-142

Study of Inelastic $d(C_3H_8)$ Interactions at $P_d = 8$ GeV/c with the Production of Two Fast Particles

Inelastic $d(C_3H_8)$ interactions at $P_d = 8$ GeV/c with the emission of trigger particle - fast deuteron d' or cumulative proton p_K have been studied in the region $\chi = P_{d'}/P_d = 0.65-0.9$ using pictures from the 2m propane bubble chamber. In dC events, where, in addition to the trigger particle a fast proton (112 events) is produced, the sum of longitudinal momenta of all charged particles in the interactions is larger than the momentum of primary deuterons $\Sigma \vec{P}_{d'1} - P_d = (1 \pm 0,12)$ GeV/c. The cross section of such process is $(2 \pm 0,3)$ mb or 0.5% of $\sigma_{in}(dC)$. In the experimental $\Delta\phi = |\phi_1 - \phi_2|$ distribution, (ϕ_1 and ϕ_2 are the azimuthal angles of fast particle) there is an evidence for azimuthal correlation of these particles. The assumption has been made that such dC interactions proceed via the production of an intermediate state with mass $>2m_N$ decaying into the trigger particle and proton.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.