

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

5124 / 2-81

19/x-8

1-81-530

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ
 ^3He -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ ^3He 13,5 ГэВ/с

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

1981

ВВЕДЕНИЕ

В связи с интенсивным развитием релятивистской ядерной физики все большую ценность представляют исследования взаимодействий легких релятивистских ядер с простейшими объектами, такими, как, например, протон. Наиболее интересными являются события в областях, предельных по кинематике, сопровождающиеся вылетом частиц с импульсами, запрещенными для нуклон-нуклонного рассеяния. При этом импульс падающего ядра в расчете на нуклон должен составлять ≥ 4 ГэВ/с, где, по-видимому, достигается режим "предельной фрагментации"^{1/}.

Инклюзивные спектры вторичных частиц измерены к настоящему времени в широком диапазоне импульсов вплоть до сечений $10^{-31} - 10^{-32}$ см^{2/2,3/}. Однако для выяснения механизмов взаимодействия при экстремальных условиях важно получение полной информации о событиях, включая различного рода корреляции продуктов столкновения. Применение трековых приборов /стримерная камера, водородная пузырьковая камера/ дает такую возможность.

Выбор ядра ³He обусловлен тем, что это одно из простейших /в традиционном понимании/ ядер, содержащее лишь один нейтрон.

При столкновении с протоном все реакции без образования мезонов полностью кинематически определены, что дает возможность, в частности, изучать развал ³He в реакции ³He → ppp, в том числе и в области больших переданных импульсов.

В данной работе описывается канал магнитной оптики, формирующий пучок ядер ³He и направляющий его на водородную пузырьковую камеру, а также применяемая в ОИЯИ система обработки событий. В работе приводятся данные по величинам топологических сечений и выходу π⁻-мезонов и дейтронов в ³He_p-взаимодействиях при 13,5 ГэВ/с.

§1. КАНАЛ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЧАСТИЦ

На рис.1 представлена схема канала, транспортирующего ускоренные ядра и ядра, образующиеся в результате взаимодействий ядер выводимого из ускорителя пучка с ядрами внешней мишени. Расходящийся на выходе из ускорителя пучок ядер формируется в параллельный при помощи дублета магнитных линз 6МЛ15, 6МЛ16, затем поворачивается магнитами 6СП94, 3СП94 и 1СП10. Суммарный угол поворота для ядра ⁴He импульса 13,5 ГэВ/с составляет ≈13°. Дублет линз 4МЛ15, 9МЛ17 формирует первое изображение

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

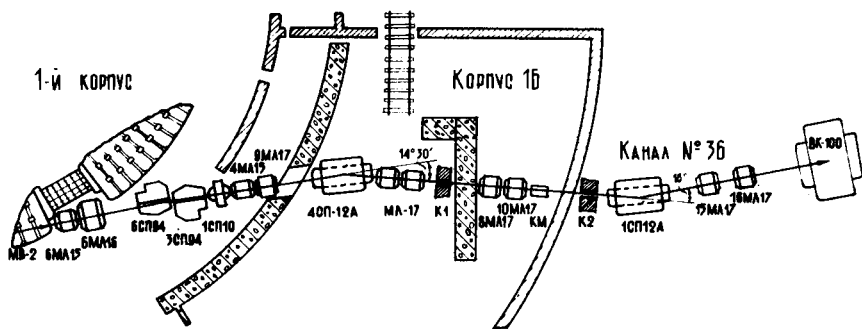


Рис.1. Схема канала транспортировки пучка ядер ^3He на водородную камеру.

"мишени" в горизонтальной и вертикальной плоскостях после магнита 4СП12А /угол поворота $\approx 14,5^\circ$, где устанавливается коллиматор К1, очищающий пучок от фоновых частиц. Магнитные линзы 8МЛ17, 10МЛ17 переводят изображение на вход магнита 1СП12А, где устанавливается коллиматор К2. За этими линзами расположен дозирующий магнит КМ, который уводит излишнюю интенсивность пучка ядер с щели коллиматора К2. Коллиматор К2, как и К1, способствует уменьшению фона. Магнит 1СП12А направляет пучок на водородную камеру ВК-100 /угол поворота 16° /, а дублет линз 15МЛ17, 16МЛ17 обеспечивает получение изображения необходимой пространственной конфигурации в объеме водородной камеры.

В связи с тем, что ядра ^4He при взаимодействии с мишенью из легких ядер дают интенсивный выход вторичных ядер ^3He со средним импульсом $P \sim \frac{m_{^3\text{He}}}{m_{^4\text{He}}}$ и средним углом вылета $\theta \sim \frac{0,12}{P}$ рад, оказалось возможным с помощью этого же канала сформировать пучок ядер ^3He , поместив в начале канала мишень из плексигласа /5 г/см². Параметры пучка: $P = 13,50 \pm 0,06$ ГэВ/с, $\langle \Delta P^2 \rangle^{1/2} = 0,3$ ГэВ/с, $\langle \Delta \phi^2 \rangle^{1/2} = 0,006$ рад.

В указанном пучке была проведена экспозиция 100-сантиметровой водородной пузырьковой камеры.

§2. ОБРАБОТКА СОБЫТИЙ

Схема процесса обработки показана на рис.2. На начальном его этапе отбирались номера фотопленок, которые должны обрабатываться. Эти данные использовались для формирования временного каталога событий, в котором для каждой фотопленки резервировалось постоянное число слов.

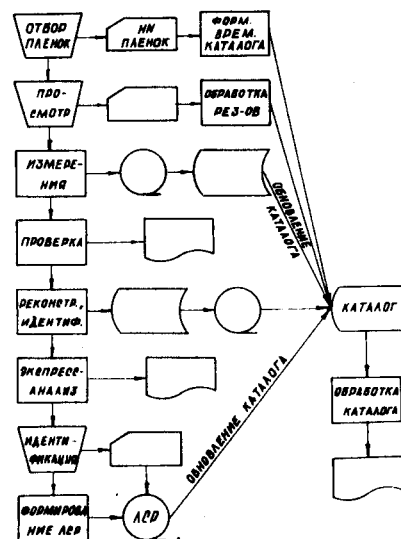


Рис.2. Схема процесса обработки событий.

Результаты просмотра заносились на перфокарты и после сравнения данных двух независимых просмотров использовались для составления полного списка найденных событий, являющегося базой постоянного каталога, в котором фиксируются этапы последующего анализа процесса обработки.

Измерения производились с помощью сканирующего автомата и полуавтоматической системы. Магнитные ленты с результатами измерений копировались на диск ЭВМ CDC-8500. При этом имелась возможность проверки качества измерений, в частности, на отсутствие систематических ошибок.

Результаты измерений обсчитывались по программе ГЕОКИН, которая восстанавливает пространственную картину событий и проводит их кинематический анализ, включая предварительный отбор гипотез о массах вторичных частиц. Результаты счета накапливались на диске, а затем переписывались на магнитные ленты. Для оценки достоверности полученных результатов имелся специальный пакет программ.

Окончательная идентификация событий проводилась в ходе дополнительного просмотра фотопленки.

Информация об отобранных гипотезах переписывалась на магнитные ленты суммарных результатов /ЛСР/.

Основные этапы процесса обработки /измерения, обсчет по программе ГЕОКИН, формирование ЛСР/ каждого события фиксировались в каталоге с помощью специальных флагов. Просмотр каталога на ЭВМ позволял получать информацию о текущем состоянии обработки.

§3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Взаимодействия ядер ^3He с протонами характеризуются простыми особенностями, связанными с сохранением суммарного заряда и барионного числа. Они заключаются в том, что ^3He будет присутствовать среди продуктов взаимодействия только в четных

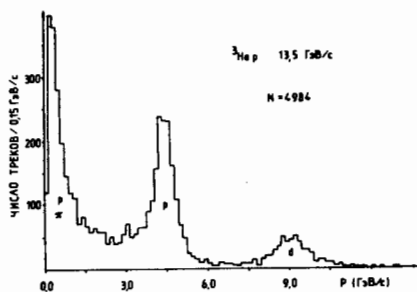


Рис.3. Распределение вторичных частиц по импульсам в событиях с нечетной топологией.

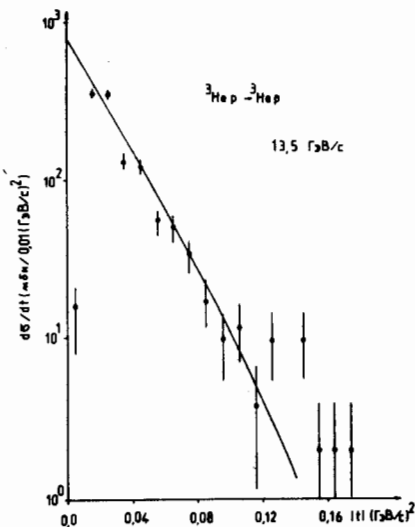


Рис.4. Дифференциальное сечение упругого ${}^3\text{He}$ -рассеяния.

топологиях, т.е. в событиях с четным числом вторичных заряженных частиц, наоборот, ядра дейтерия - только в нечетных. Отрицательно заряженные частицы /главным образом π^- -мезоны/ образуются по одной в 4- и 5-лучевых событиях, по две в 6- и 7-лучевых и т.д. Указанные правила позволяют оценить поперечные сечения выхода ядер ${}^3\text{He}$ и ${}^2\text{H}$, а также π^- -мезонов, не прибегая к кинематической идентификации реакций.

На рис.3 показано распределение по величине измеренного импульса для вторичных частиц в нечетных топологиях. Отчетливо видны пики стриппинговых протонов в районе 4,5 ГэВ/с и дейтронов в районе 9,0 ГэВ/с. При оценке выхода дейтронов принималась условная граница отделения их от протонов при 6,75 ГэВ/с.

Оценка полного поперечного сечения производилась на основе результатов отбора событий в выбранной рабочей области и счета пучковых треков ядер ${}^3\text{He}$ на входе в рабочую область. Была определена эффективная длина области, где отбирались события с $l = 133,3 \pm 0,1$ см.

Величина полного сечения определялась обычным способом:

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{1}{n\ell} \ln \frac{1}{1 - N_{\text{BЗ}}/N_0},$$

где n - число ядер водорода в 1 см^3 , ℓ - эффективная длина рабочей области, N_0 - число первичных треков на входе в эту область, $N_{\text{BЗ}}$ - число взаимодействий в рабочей области с учетом эффективности просмотра и систематических потерь в упругом рассеянии:

$$N_{\text{BЗ}} = k \frac{N_2}{\epsilon_2} + \sum_{i=3}^7 \frac{N_i}{\epsilon_i}$$

/ ϵ_i - эффективность просмотра для событий с числом лучей i /.

Оценка систематических потерь проводилась на основе сравнения дифференциального сечения упругого ${}^3\text{He}$ -рассеяния с расчетами по модели многократного рассеяния /рис.4/. Расчеты проводились по формулам работы [4], в которой параметризация амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния протона на j -м нуклоне ядра принималась в виде

$$f_j(p, \Delta) = \frac{(i + a_j)}{4\pi} p \sigma_j \exp\left(-\frac{1}{2} a_j \Delta^2\right),$$

а плотность основного состояния волновой функции ядра - как

$$|\psi_0|^2 = \prod_{j=1}^A \rho_j(\vec{r}_j)$$

и

$$\rho_j = \rho_0 \exp(-r_j^2/R^2).$$

При этом полагалось, что полное сечение нуклон-нуклонного рассеяния $\sigma_j = 42$ мб, отношение действительной части к мнимой $a_j = -0,3$, радиус ядра ${}^3\text{He}$ $\langle R^2 \rangle^{1/2} = 1,88$ фм.

Потери событий в интервале квадрата четырехмерного переданного импульса /0,00-0,02/ ГэВ/с² составили 44%.

Определение поперечных сечений ${}^3\text{He}$ -взаимодействия проведено на общей статистике 17242 события. Без учета потерь полное сечение оценено как $\sigma_{\text{tot}} = 102,6$ мб, а сечение двухлучевых событий - как $\sigma_2 = 14,1$ мб.

Данные, учитывающие систематические потери, приведены в таблице со статистическими ошибками.

Таблица

Топология /число лучей/	σ /мб/	$\sigma(\pi^-)$ /мб/	$\sigma({}^3\text{He})$ /мб/	$\sigma_{\text{КОГ}}({}^3\text{He})$ /мб/	$\sigma({}^2\text{H})$ /мб/
2	23,6 \pm 0,5	-	23,6 \pm 0,5	$\geq 3,4$	
3	60,5 \pm 0,6	-	-	-	
4	0,84 \pm 0,07	0,84 \pm 0,07	0,84 \pm 0,08	$\geq 0,84 \pm 0,07$	
5	25,8 \pm 0,4	25,8 \pm 0,4	-	-	
6	0,11 \pm 0,03	0,22 \pm 0,06	0,11 \pm 0,03	$\geq 0,11 \pm 0,03$	
7	1,8 \pm 0,1	3,6 \pm 0,2			
Сумма	112 \pm 0,8	30,4 \pm 0,5	24,5 \pm 0,5	$\geq 4,35$	35,5 \pm 2,0

В таблице дается только нижняя граница сечения когерентных процессов из-за неполного учета выхода π^0 -мезонов.

Систематическая ошибка в величине полного сечения $^3\text{He}p$ -взаимодействий оценивается нами примерно в 2%.

В заключение авторы благодарят дирекцию Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, персонал эксплуатации синхрофазотрона, сотрудников, принимавших участие в экспозиции камеры и обработке данных, за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baldin A.M. JINR, E1-11368, Dubna, 1978.
2. Баюков Ю.Д. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1966, т.30.
3. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, P1-11302, Дубна, 1978.
4. Czyz W., Lesniak L. Phys.Lett., 1967, 24, p.227.

Рукопись поступила в издательский отдел [®]
31 июля 1981 года.