

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 344.19
А - 139

18/IX-78

1 - 11590

4071/2-78

А. Абдивалиев, А. П. Гаспарян, Ш. В. Иногамов,
Д. К. Копылова, А. П. Стельмах, М. Сулейманов,
Ю. А. Троян, К. Т. Турдалиев, А. П. Чеплаков,
А. А. Юлдашев

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

СОСТАВА ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ С $P \geq P_d/2$

В $d + (C_3H_8)$ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

С $P_d = 8,2$ И $9,8$ ГэВ/с

1978

1 - 11590

А. Абдивалиев, А. П. Гаспарян, Ш. В. Иногамов,*
Д. К. Копылова, А. П. Стельмах, М. Сулейманов,
Ю. А. Троян, К. Т. Турдалиев,* А. П. Чеплаков,
А. А. Юлдашев*

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

СОСТАВА ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ С $P \geq P_d/2$

В $d + (C_3 H_8)$ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

С $P_d = 8,2$ И $9,8$ ГэВ/с



*Физико-технический институт АН УзССР, Ташкент.

Абдвалиев А. и др.

1 - 11590

Статистическая оценка состава положительных частиц с $P \geq P_d/2$ в $d + (C_3H_8)$ взаимодействиях с $P_d = 8,2$ и $9,8$ ГэВ/с

В двухметровой пропановой камере при изучении $d + (C_3H_8)$ взаимодействий при $P_d = 8,2$ и $9,8$ ГэВ/с наблюдались вторичные положительные частицы с $P \geq P_d/2$. Построены их импульсные спектры, которые были разбиты на три области: стриппинговую, кумулятивную и упругую. Методом потенциальных длин определено процентное соотношение протонов и дейтронов в кумулятивных областях импульсов. При $P_d = 8,2$ ГэВ/с дейтронов оказалось $(100 \pm 30)\%$, а при $P_d = 9,8$ ГэВ/с - $(90 \pm 35)\%$.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Abdvaliev A. et al.

1 - 11590

Statistical Estimate of the Composition of Positive Particles with $P \geq P_d/2$ in $d + (C_3H_8)$ Interactions with $P_d = 8,2$ and $9,8$ GeV/c

In a two-meter propane chamber secondary positive particles with $P \geq \frac{P_d}{2}$ were observed when studying $d + (C_3H_8)$ interactions with $P_d = 8,2$ and $9,8$ GeV/c. Their momentum spectra were constructed which are divided to stripping, cumulative and elastic regions. Using a potential length method, a percent ratio for protons and deuterons in momentum cumulative regions was determined: at $P_d = 8,2$ GeV/c it proved to be $(100 \pm 30)\%$ deuterons, and at $P_d = 9,8$ GeV/c it was $(90 \pm 35)\%$.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

ВВЕДЕНИЕ

При облучении двухметровой пропановой камеры ЛВЭ дейтронами с $P_d = 8,2$ и $9,8$ ГэВ/с в неупругих взаимодействиях $d + (C_3H_8)$ среди вторичных быстрых положительных частиц могут быть как дейтроны, так и протоны. Наша задача состояла в определении соотношения быстрых протонов и дейтронов в этих взаимодействиях.

В области импульсов $/3-10/$ ГэВ/с следы дейтронов в камере имеют практически минимальную ионизацию, и поэтому идентификация протонов и дейтронов по ионизации невозможна. Была сделана попытка разделения протонов и дейтронов по δ -электронам методами, предложенными в работе^{/1/}. Эти методы, пригодные для разделения протонов и π -мезонов, не дают возможности надежно разделять релятивистские протоны и дейтроны. Редкое исключение составляет идентификация их по δ -электронам максимальной энергии.

В этой работе для определения состава быстрых частиц использовался метод потенциальных длин.

ИМПУЛЬСНЫЕ СПЕКТРЫ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ

При просмотре пленок отбирались образованные первичными дейтронами звезды, в которых имелись положительные частицы с $P \geq P_d/2$ летящие под любым углом.

Импульс быстрых частиц оценивался шаблоном. На репроекторах для этих частиц измерялись потенциальные длины в камере и отмечались вторичные взаимодействия.

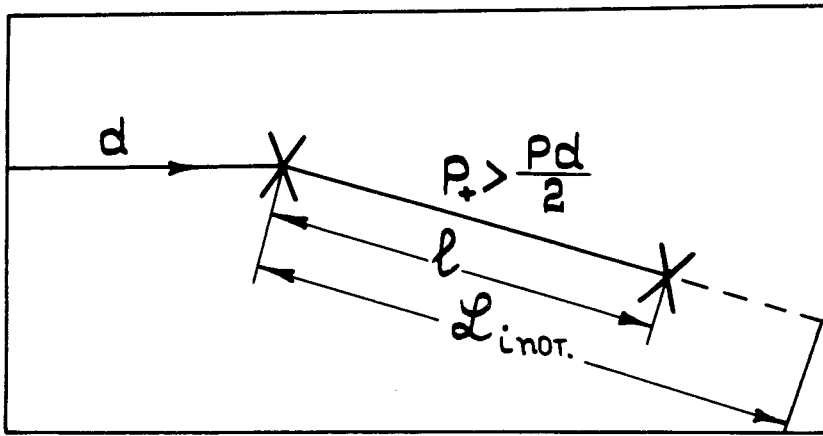


Рис.1. Схематическое изображение отбираемых событий.

Эффективность просмотра вторичных звезд была близка к 100%-ной.

При наличии вторичного взаимодействия на быстром следе отбирались только те первичные взаимодействия, в которых расстояние между первичной и вторичной звездами было больше $l_{гр}$. Звезда с быстрой частицей схематически изображена на рис. 1.

После измерения на полуавтоматах и обчета следов быстрых частиц по геометрической программе были построены их импульсные спектры при $P_d = 8,2$ и $9,8$ ГэВ/с /рис. 2/. Эти спектры могут быть разделены на три области: стриппинговую, $d+(C_3H_8) \rightarrow p+...$ /на рисунке представлена только высокоэнергичная половина стриппингового спектра/, упругую, $d+(C_3H_8) \rightarrow d+...$, и промежуточную, которая нас и будет интересовать. Промежуточную область назовем кумулятивной, т.к. в ней, по определению, должны находиться кумулятивные протоны^{/2/}.

Значения импульсов частиц на границе между стриппинговыми и кумулятивными областями были выбраны так же, как в работе^{/3/}. При этом учитывалось то, что быстрые частицы в кумулятивной области имеют угловое распределение /средний угол по абсолютной величине равен $1,6^\circ$ /, и граница несколько сдвигалась в сторону меньших импульсов по сравнению с работой^{/3/}. Границей

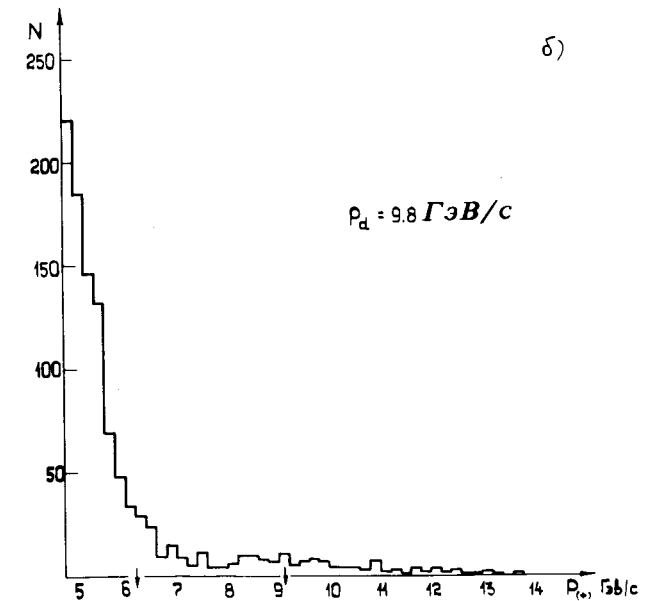
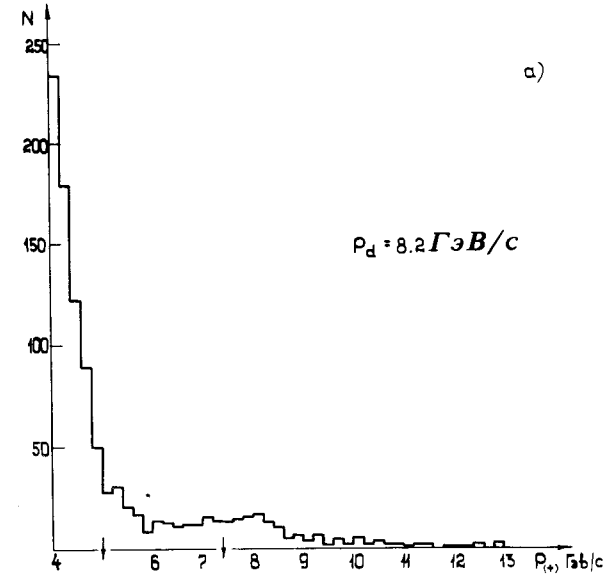


Рис.2. Импульсное распределение положительных частиц: а/ $P_d = 8,2$ ГэВ/с; б/ $P_d = 9,8$ ГэВ/с. Стрелками обозначены границы между импульсными областями.

между кумулятивной и упругой областями было взято значение импульса протона в реакции $d + {}^{12}\text{C} \rightarrow p + {}^{13}\text{C}$ при $P_d = 8,2$ и $9,8$ ГэВ/с при условии, что взаимодействие происходит с ядром углерода как целым, а протон летит под углом $1,6^\circ$ * Средняя относительная ошибка в определении импульсов частиц в кумулятивных областях ($\bar{\delta} = \Delta P/P$) составляет $\sim 8-9\%$, а в области импульсов > 10 ГэВ/с $\sim 13-14\%$. Полуширина распределения ошибок в последнем случае составляет $\sim 11\%$.

Из импульсных распределений /рис. 2/ видно, что в упругих областях пропущено много однолучевых звезд - изломов на малые углы. Подобные спектры быстрых частиц были получены в работе /4/ при изучении реакции $d + \text{C}$ для $P_d = 6,3$ ГэВ/с и угла 103 мрад.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ДЛИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕНТНОГО СООТНОШЕНИЯ ПРОТОНОВ И ДЕЙТРОНОВ

Вероятность взаимодействия быстрой частицы в камере равна

$$w_{\text{вз}} = 1 - e^{-L_i \text{ ПОТ} / L_{\text{вз}}} \quad /1/$$

где $L_{\text{вз}}$ - свободный пробег частиц до взаимодействия. Число взаимодействий, образованных N_0 быстрыми частицами, получим, просуммировав /1/ по N_0 :

$$N_{\text{вз}} = N_0 - \sum_1^{N_0} e^{-L_i \text{ ПОТ} / L_{\text{вз}}} \quad /2/$$

Эту точную формулу можно заменить более удобной для расчетов приближенной формулой, которая была получена следующим образом:

$$\begin{aligned} N_{\text{вз}} &= N_0 - \sum_1^{N_0} e^{-\frac{L_i - \bar{L} + \bar{L}}{L_{\text{вз}}}} = N_0 - \sum_1^{N_0} \left(e^{-\frac{L_i + \bar{L}}{L_{\text{вз}}}} \cdot e^{-\frac{-\bar{L}}{L_{\text{вз}}}} \right) = \\ &= N_0 - e^{-\frac{-\bar{L}}{L_{\text{вз}}}} \cdot \sum_1^{N_0} e^{-\frac{L_i + \bar{L}}{L_{\text{вз}}}} \end{aligned}$$

* Это значение близко к значению импульса вторичного дейтрона в реакции с рождением одного π -мезона.

где \bar{L} - средний измеренный потенциальный пробег для быстрых частиц в камере, равный $\frac{\sum_1^{N_0} L_i}{N_0}$. Если

принять, что $\sum_1^{N_0} e^{-\frac{L_i + \bar{L}}{L_{\text{вз}}}} \approx N_0$, то получим приближенную формулу

$$N_{\text{вз}} = N_0 (1 - e^{-\bar{L} / L_{\text{вз}}}) \quad /3/$$

Выражение $\sum_1^{N_0} e^{-\frac{L_i + \bar{L}}{L_{\text{вз}}}}$ отличается от N_0 в среднем

\sim на 3% для дейтронов и еще меньше - для протонов. Поэтому для расчетов была использована формула /3/. Предположим, что a - доля дейтронов в потоке N_0 . Тогда можно записать:

$$N_{\text{вз}} = N_0 [a(1 - e^{-\bar{L} / L_{\text{вз}}^d}) + (1-a)(1 - e^{-\bar{L} / L_{\text{вз}}^p})] \quad /4/$$

В формуле /4/ $L_{\text{вз}}^d$ и $L_{\text{вз}}^p$ - свободные пробеги протонов и дейтронов до взаимодействия в пропане, которые, по определению, равны

$$L_{\text{вз}}^p = \frac{1}{n \sigma'_p(\text{C}_3\text{H}_8)} \quad \text{и} \quad L_{\text{вз}}^d = \frac{1}{n \sigma'_d(\text{C}_3\text{H}_8)}$$

$N_0, N_{\text{вз}}, \bar{L}$ - экспериментально найденные величины, n - число молекул пропана в см^3 . Вводится поправка в числа N_0 и $N_{\text{вз}}$, учитывающая потерю событий, имеющих длину быстрого следа $l < l_{\text{гр}}$ /см. рис. 1/.

$$N_{\text{вз}}(l < l_{\text{гр}}) = [N_0(l > l_{\text{гр}}) + N_{\text{вз}}(l < l_{\text{гр}})](1 - e^{-l_{\text{гр}} / L_{\text{вз}}}) \quad /5/$$

В выражении $l/5L_{ВЗ}$ - длина следа до взаимодействия для смеси частиц, которая сначала была взята равной $L_{ВЗ}^d$, а затем, после определения α , находилась методом последовательных приближений. Полученное число $N_{ВЗ}^p$ ($l < l_{ГР}$) прибавлялось к величинам N_0 и $N_{ВЗ}$.

Сечения $\sigma'_d(C_3H_8)$ и $\sigma'_p(C_3H_8)$ были определены в наших экспериментальных условиях следующим образом: были взяты значения полных сечений $\sigma_p, d\sigma, \rho_p, \rho\sigma$ из работы ^{/5/} при импульсе 2,9 ГэВ/с на нуклон /считалось, что сечения остаются постоянными в интервале 3-5 ГэВ/с на нуклон/ и были учтены потери упругих событий при нашем просмотре. Зная в импульсном спектре при $P_d = 8,2$ ГэВ/с соотношение числа найденных упругих и стриппинговых событий /с поправкой на ненаблюдаемый однолучевой стриппинг ~8%/ и зная сечение стриппинга ^{/6/}, можно найти потери событий за счет упругих взаимодействий. Потери таких событий и наклоны в их t -распределениях определяют ненаблюдаемый при просмотре угол, на который рассеивается частица. Найдено, что минимальное значение наблюдаемого угла составляет $1,2^\circ$. Чем больше импульс налетающей частицы, тем больше потери событий, обусловленных упругими взаимодействиями, тем меньше сечение σ' . Были выбраны средние значения импульсов частиц в кумулятивных областях, для них вычислены σ' и соответственно найдены $L_{ВЗ}^p$ и $L_{ВЗ}^d$.

В табл. 1 приводятся наблюдаемые нами σ' для различных импульсов протонов и дейтронов, а также полные сечения σ , полученные в работе ^{/5/}.

В табл. 2 представлены найденное число быстрых частиц N_0 и число $N_{ВЗ}$ в различных импульсных областях без поправок и с поправками, а также полученные по формуле /4/ значения α с ошибками.

Ошибки в определении величины α находились по формуле

$$\Delta\alpha = \sqrt{\left(\frac{\partial\alpha}{\partial N_{ВЗ}} \Delta N_{ВЗ}\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha}{\partial N_0} \Delta N_0\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha}{\partial L_{ВЗ}^p} \Delta L_{ВЗ}^p\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha}{\partial L_{ВЗ}^d} \Delta L_{ВЗ}^d\right)^2},$$

Таблица 1

P_d (ГэВ/с)	$\sigma'_d(C_3H_8)$ мб	$\sigma'_p(C_3H_8)$ мб	$\sigma_d(C_3H_8)$ мб [5]	$\sigma_p(C_3H_8)$ мб [5]
6.2	1970	1310	2500 ± 13	1490 ± 4
7.6	1880	1250		

Таблица 2

P_d (ГэВ/с)	Импульсные области быстрых частиц	N_0	$N_{ВЗ}$	N_0 с поправкой	$N_{ВЗ}$ с поправкой	α_d (%)
8.2	стриппинговая (4.1 - 5) ГэВ/с	656	154	800	298	
	кумулятивная (5 - 7.4) ГэВ/с	196	74	263	141	100 ± 30
	Упругая > 7.4 ГэВ/с	143	52	186	95	
9.8	стриппинговая (4.9 - 6.2) ГэВ/с	693	100	877	284	
	кумулятивная (6.2 - 9.0) ГэВ/с	162	47	223	107	90 ± 35
	Упругая > 9.0 ГэВ/с	73	19	97	43	

где ΔN_{B3} и ΔN_0 - статистические ошибки. Наибольший вклад в ошибку $\Delta \alpha$ при данном числе событий вносят первые два члена, ошибки в определении L_{B3}^d и L_{B3}^p составляют 5%.

Предложенный метод был проверен на протонах из стриппинговой области спектра при $P_d = 8,2$ ГэВ/с и на дейтронах из упругой области спектра при $P_d = 9,8$ ГэВ/с. Зная в этих областях N_0, L_{B3}^p, L_{B3}^d мы нашли по формуле /3/ величины N_{B3} , которые хорошо согласуются с экспериментальными. Уменьшение значения импульса на границе между кумулятивной и упругими областями не изменяет значения α_d .

ВЫВОДЫ

Положительные частицы из кумулятивной области импульсов, образованные в неупругих взаимодействиях $d+(C_3H_8)$, являются, в основном, дейтронами. Доля дейтронов α_d при $P_d = 8,2$ ГэВ/с составляет $100 \pm 30\%$, а при $P_d = 9,8$ ГэВ/с - $90 \pm 35\%$. Требуется большая статистика для подтверждения того факта, что при увеличении импульса дейтрона α_d уменьшается.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность коллективу, обслуживающему пропановую камеру, за получение снимков, лаборантам ЛВЭ В.П.Соломахиной, М.И.Филипповой, М.И.Чикваровой за просмотр пленок, лаборантам ЛВТА за измерение событий, И.А.Первушиной за изготовление рисунков, И.И.Зайцевой за подготовку материала к печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Часников И.Я. Вестник Академии наук Казахской ССР, 1962, №8, с. 209.
2. Балдин А.М. Краткие сообщения по физике, 1971, №1, с. 35;
Baldin A.M. e.a. JINR, E1-8054, Dubna, 1974.

3. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-9924, Дубна, 1976.
4. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, P1-9265, Дубна, 1975; ОИЯИ, 1-10842, Дубна, 1977.
5. Jaros J.A. LBL-3849, November, 1975.
6. Адамович М.И. и др. ОИЯИ, P1-6386, Дубна, 1972; Bizard G. e.a. Nucl. Instr. and Meth., vol. III, No. 3, 1973, p. 445.