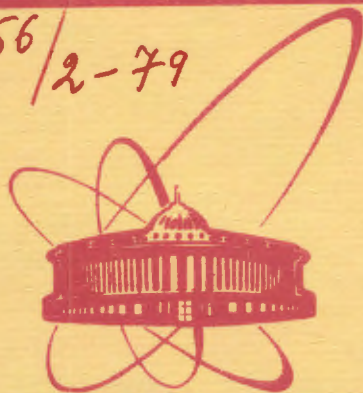


3156/2-79



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

Г-859

13/III-79

P1 - 12388

В.Г.Гришин, З.Корбел, З.Трка, Я.Тркова

СРЕДНЕЕ ЧИСЛО НЕЙТРОНОВ

В $\pi^- p$ -, $\pi^- n$ - И $\pi^- {}^{12}\text{C}$ - СТОЛКНОВЕНИЯХ

ПРИ 40 ГэВ/с

1979

P1 - 12388

В.Г.Гришин, З.Корбел,¹ З.Трка,¹ Я.Тркова²

СРЕДНЕЕ ЧИСЛО НЕЙТРОНОВ

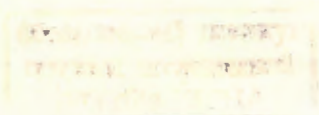
В π^-p -, π^-n - И $\pi^-^{12}\text{C}$ - СТОЛКНОВЕНИЯХ

ПРИ 40 ГэВ/с

Направлено в ЯФ

¹ Карлов университет, Прага.

² Химико-технологический институт, Прага.



Среднее число нейтронов в π^-p -, π^-n - и $\pi^-^{12}\text{C}$ -столкновениях при 40 ГэВ/с

Среднее число вторичных нейтронов в (π^-p) , (π^-n) и $(\pi^-^{12}\text{C})$ -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с определено при помощи исследования вторичных нейтральных звезд, вызванных нейтронами в пропановой камере. Получены значения коэффициентов перезарядки: $\alpha(p \rightarrow n) = 0,37 \pm 0,05$ и $\alpha(n \rightarrow p) = 0,36 \pm 0,06$. Оценены значения коэффициентов неупругости для нейтронов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Average Number of Neutrons in π^-p -, π^-n - and $\pi^-^{12}\text{C}$ - Interactions at 40 GeV/c

The average number of secondary neutrons has been obtained in (π^-p) , (π^-n) and $(\pi^-^{12}\text{C})$ -interactions at 40 GeV/c by means of studying secondary neutral stars induced by neutrons in a propane bubble chamber. The following values of coefficients of charge exchange were obtained: $\alpha(p \rightarrow n) = 0,37 \pm 0,05$ and $\alpha(n \rightarrow p) = 0,36 \pm 0,06$. The coefficients of inelasticity for neutrons have also been estimated.

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

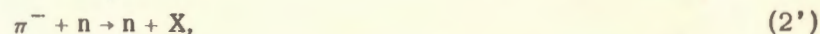
Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

§1. ВВЕДЕНИЕ

Исследование взаимодействий π^- -мезонов с помощью двухметровой пропановой камеры позволяет получить характеристики (π^-p) , (π^-n) , $(\pi^-^{12}\text{C})$ -взаимодействий при импульсе 40 ГэВ/с. Важной характеристикой таких взаимодействий является среднее число вторичных нейтронов на одно взаимодействие $\langle n_i \rangle$ в реакциях:



Если мы получим $\langle n_i \rangle$, регистрируя нейтроны в реакциях:



то можем получить для (1) и (2) коэффициенты перезарядки

$$\alpha(p \rightarrow n) = \langle n_1 \rangle, \quad (4)$$

$$\alpha(n \rightarrow p) = 1 - \langle n_2 \rangle. \quad (5)$$

Коэффициент перезарядки $\alpha(p \rightarrow n)$ для (1) по косвенным данным определялся в работе ^{/1/}.

В настоящей работе делается попытка определить $\langle n_i \rangle$ прямым способом, т.е. по вторичным взаимодействиям в камере, вызванным нейтронами из реакций (1), (2) и (3) (n-звезды).

Сначала (§2) обсуждается экспериментальная процедура получения суммарного числа n-звезд в реакциях (1), (2) и (3), затем (§3) вводятся поправки на фоновые

процессы и рассматриваются систематические ошибки, связанные с методикой пропановой камеры. В §4 приведены физические результаты и некоторые выводы.

§2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОГО ЧИСЛА n -ЗВЕЗД

Для определения $\langle n_i \rangle$ дважды были просмотрены стереоснимки с двухметровой пропановой пузырьковой камеры, облученной π^- -мезонами с $P = 40$ ГэВ/с на серпуховском ускорителе. Регистрировались как первичные взаимодействия пионов, так и все вторичные n -звезды.

Из-за конечных размеров детектора для каждой i -ой n -звезды был найден соответствующий вес

$$w_i = \frac{1}{1 - e^{-l_i}}, \quad (6)$$

где l_i - эффективная длина пробега нейтрона, вызвавшего n -звезду, от первичного взаимодействия до пересечения с границей эффективной области камеры. Длина l_i дается в единицах длины свободного пробега нейтрона в пропановой камере:

$$L = \frac{1}{n\sigma}, \quad (7)$$

где n - число ядер определенного типа (p , ^{12}C) в 1 см^3 , σ - соответствующее сечение взаимодействия нейтрона с этими ядрами.

Вследствие того, что вся обработка экспериментального материала велась на просмотровых столах, нами отбирались только n -звезды с числом вторичных заряженных частиц $N_{\text{зар}} \geq 3$.

Для исследования n -звезд было просмотрено всего 8992 рабочих снимка. Введем обозначение $N(i)$ для числа первичных событий типа (1), (2) и (3). Всего было найдено $N_{\text{TOT}} = 2882$ события. Они разделялись на типы по общепринятым критериям^{2/}. Среди N_{TOT} найдено 5% событий, которые нельзя идентифицировать. Они были разделены по типам взаимодействий пропорционально $N(1)$, $N(2)$ и $N(3)$. Определенные таким способом $N(i)$ приведены в табл. 1. Их соотношение находится в хорошем согласии

Таблица 1

Экспериментальные значения числа первичных событий и числа нейтронов в реакциях (1), (2) и (3)

Реакция	$N(i)$	$N_n(i)$
1: $\pi^- p \rightarrow X$	1337+37	411+53
2: $\pi^- n \rightarrow X$	501+22	244+46
3: $\pi^- ^{12}\text{C} \rightarrow X$	2142+46	931+76

с данными работы^{3/}. В $\pi^- ^{12}\text{C}$ взаимодействии включены $\pi^- n$ - взаимодействия и 44% $\pi^- p$ взаимодействий, которые связаны со взаимодействием пионов с квазисвободными нуклонами ядра углерода^{3/}. На этих же рабочих кадрах при двойном независимом просмотре были найдены вторичные взаимодействия типа n -звезд с $N_{\text{зар}} \geq 3$. При наличии на кадре первичного взаимодействия находилась соответствующая эффективная длина пробега нейтрона, образовавшего n -звезду.

Таким путем было найдено 182 n -звезды, связанных с первичными взаимодействиями, и 33 вторичных звезды без первичных взаимодействий.

Чтобы получить значение L в (7), мы использовали два подхода для определения сечения взаимодействия нейтронов σ :

1. Выделялись взаимодействия нейтронов со свободными протонами ($N_{\text{зар}} \geq 3$).
2. Использовались все взаимодействия нейтрона с молекулой пропана ($N_{\text{зар}} \geq 3$).

1. Отбирались только n -звезды типа ($n + p \rightarrow X$), $N_{\text{зар}} \geq 3$.

Для каждого такого взаимодействия оценивался его суммарный импульс p , который можно считать оценкой импульса нейтрона (p_n), вызвавшего n -звезду:

$$p_n = 1,5p = 1,5 \sum p_k,$$

где p_k - импульсы заряженных частиц n -звезды. Отсюда было получено, что мы регистрируем вторичные нейтроны с $p_n \geq 1$ ГэВ/с.

Для каждого $(p_n)_i$ нашли по $^{4/} \sigma_i$ взаимодействия (np) с $N_{зар} \geq 3$ и соответственно l_i . Такой подход должен дать сумму весов $\sum w_i$, из которого определяется полное число нейтронов (N_n) для $N_{Тот}$.

Всего было найдено 45 p-звезд типа (np), их сумма весов $\sum w_i = 2048$. С учетом того, что (44±2)% (np) взаимодействий происходит на квазисвободном протоне, мы можем получить полное число нейтронов

$$N_n = 0,56 \sum w_i = 1147 \pm 253.$$

2. Отбирались все звезды с $N_{зар} \geq 3$ и для каждой было найдено значение p . Для всех 182 p-звезд получено $\langle p \rangle$, которое является оценкой среднего импульса нейтронов $\langle p_n \rangle$, вызвавших p-звезду:

$$\langle p_n \rangle = 1,5 \langle p \rangle = 1,5 \times 4,2 \text{ ГэВ/с} = 6,3 \text{ ГэВ/с}.$$

Для определения сечения нейтронов с молекулой пропана ($N_{зар} \geq 3$) использовались данные работы $^{5/}$ для $\langle p_n \rangle = 6,3 \text{ ГэВ/с}$, и получено $\langle \sigma \rangle$. При помощи $\langle \sigma \rangle$ посчитаны w_i для каждой p-звезды.

Для 182p-звезд было найдено: $N_n = \sum w_i = 1160 \pm 94$ и средний вес p-звезды $\langle w_i \rangle = 6,38$.

Таким образом, оба метода дали одинаковые результаты. Окончательные результаты приводятся по последнему варианту. Значения $N_i(i)$ для всех реакций (1), (2) и (3) приведены в табл. 1.

§3. ПОПРАВКИ К ЧИСЛУ ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ И К ЧИСЛУ ПЕРВИЧНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Первым источником фона для p-звезд являются соударения, вызванные нейтральными частицами, не связанными со взаимодействиями (1), (2) и (3). Как мы уже говорили, таких случаев 33 на 6110 снимках в отсутствие событий (1), (2) и (3). Отсюда легко оценить число фоновых нейтронных звезд на снимках, где были первичные взаимодействия (2882 снимка):

$$N(\phi_1) = \frac{1}{2} \frac{2882}{6110} 33 \langle w_i \rangle = 51.$$

Вторым источником фона для p-звезд являются вторичные взаимодействия, вызванные V^0 -частицами, родившимися в событиях (1), (2) и (3). Далее мы оценим их число $N(\phi_2)$.

Из работы $^{6/}$ известно среднее число V^0 -частиц на одно первичное взаимодействие: $\langle K_S^0 \rangle$, $\langle K_L^0 \rangle$ и $\langle \Lambda^0 \rangle$. Если учесть вероятность того, что V^0 -частица определенного типа дала в камере вторичное взаимодействие с $N_{зар} \geq 3$, получим $N(\phi_2) = 3,9$.

Полученные таким способом $N(\phi_1)$ и $N(\phi_2)$ надо вычесть пропорционально из $N_n(1)$, $N_n(2)$ и $N_n(3)$.

Как было показано в $^{1/}$, следует учесть некоторые поправки к найденным первичным взаимодействиям из-за неоднозначности определения их типа (1), (2) или (3). Примерно 7% событий (2) являются на самом деле событиями (1) с очень медленным протоном ($p \leq 100 \text{ МэВ/с}$), который в камере не регистрировался. Примесь ядерных столкновений составляет $\approx 3\%$ для реакций (1) и $\approx 8\%$ для (2).

§4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Учитывая перечисленные в §3 поправки, мы получили окончательные значения $N(i)$ и $N_n(i)$. Отсюда определили значения

$$\langle n_i \rangle = \frac{N_n(i)}{N(i)}, \quad (8)$$

которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Среднее число нейтронов на одно взаимодействие

Реакция	$N(i)$	$N_n(i)$	$\langle n_i \rangle$ $p_n \geq 1 \text{ ГэВ/с}$	$\langle n_i \rangle$ Тот
1: $\pi^- p \rightarrow X$	1331±34	396±51	0,30±0,04	0,37±0,05
2: $\pi^- n \rightarrow X$	429±21	199±38	0,46±0,09	0,64±0,11
3: $\pi^- ^{12}\text{C} \rightarrow X$	2058±45	844±82	0,43±0,04	0,54±0,05

Среднее число $\langle n_i \rangle$ по (8) на самом деле относится к нейтронам с $p_n \geq 1$ ГэВ/с.

Для того чтобы найти $\langle n_i \rangle_{\text{tot}}$ для нейтронов всех импульсов, мы должны найти поправку на число нейтронов с $p_n < 1$ ГэВ/с. По экспериментальным данным известно:

- 1) $\frac{N(\pi^- n \rightarrow p + X, p_p \leq 1 \text{ ГэВ/с})}{N(\pi^- n)} \approx 7\%$,
- 2) $\frac{N(\pi^- p \rightarrow p + X, p_p \leq 1 \text{ ГэВ/с})}{N(\pi^- p)} \approx 18\%$.

Исходя из приведенных данных, мы можем получить для событий (1) и (2):

$\langle n_1 \rangle_{\text{tot}} = \langle n_1 \rangle + 0,07$
 $\langle n_2 \rangle_{\text{tot}} = \langle n_2 \rangle + 0,18$
 и значение $\langle n_3 \rangle_{\text{tot}}$. Средние числа $\langle n_i \rangle_{\text{tot}}$ приведены в последнем столбце табл. 2.

Полученное нами значение $a(p \rightarrow n) = 0,37 \pm 0,05$ находится в хорошем согласии с величиной $a(p \rightarrow n) = (0,34 \pm 0,03)$ и значениями a в (pp) взаимодействиях ^{1/}. В рамках простой кварковой модели $a(p \rightarrow n) = 0,33$ ^{1/}.

Сравнивая коэффициенты перезарядки в $\pi^- p$ и $\pi^- n$ - взаимодействиях, получим:

$$\frac{a(p \rightarrow n)}{a(n \rightarrow p)} = 1,03 \pm 0,21.$$

Указанное значение не противоречит предположению, сделанному в работе ^{1/} о равенстве $a(p \rightarrow n)$ и $a(n \rightarrow p)$.

Значение $\langle n_3 \rangle$ дает нам возможность рассмотреть простую модель соударения π^- -мезона с ядром ^{12}C , по которой происходит только одно взаимодействие с нуклоном ядра. Согласно табл. 2, ожидаем для среднего числа нейтронов $\langle n \rangle_{\text{мод}}$: $\langle n \rangle_{\text{мод}} = (0,5 \times 0,37) + (0,5 \times 0,64) = 0,51$. Сравнив $\langle n \rangle_{\text{мод}}$ и $\langle n_3 \rangle$, получим:

$$\frac{\langle n_3 \rangle}{\langle n \rangle_{\text{мод}}} = 1,06 \pm 0,27.$$

Полученные нами значения $\langle p_n \rangle$ и $\langle n_i \rangle$ дают возможность получить оценку коэффициента неупругости нейтронов с $p_n \geq 1$ ГэВ/с во взаимодействиях (1), (2) и (3) - $k(n)$ ^{7/}:

$$k(n) = \frac{\langle p_n \rangle \langle n_i \rangle}{p_0}, \quad (9)$$

где $p_0 = 40$ ГэВ/с. Значения $k(n)$ приведены в табл. 3:

Таблица 3

Коэффициенты неупругости быстрых нейтронов ($p_n \geq 1$ ГэВ/с) (стат. ошибки $\approx 20\%$)

Реакция	$k(n)$
1: $\pi^- p \rightarrow X$	0,05
2: $\pi^- n \rightarrow X$	0,07
3: $\pi^- ^{12}\text{C} \rightarrow X$	0,07

Значение $k(n)$ не противоречит оценке коэффициента неупругости в реакции (1), которая приводится в ^{7/}.

Авторы выражают благодарность А.П.Гаспаряну, Е.Н.Кладнической, В.М.Шехтеру за полезные обсуждения и советы. Нам приятно поблагодарить лаборантов ЛВЭ и КЯФ МФФ КУ за просмотр и измерение событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бацкович С. и др. ЯФ, 1978, 27, с.1225.
2. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1973, 18, с.548.
3. Бацкович С. и др. ЯФ, 1977, т.25, с.591; ЯФ, 1977, т.26, с.1034.
4. Abdiovaliev A. et al. Nucl.Phys., 1975, B99, p.445.
5. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1978, т.28, с.1304.
6. Джмухадзе С.В. и др. ЯФ, 1978, т.27, с.680.
7. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1976, т.23, с.365.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 апреля 1979 года.