



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

Г-859

P1-88-520 e

В.Г.Гришин, К.Миллер, Я.Плота, П.Тас,  
З.Стругальски \*

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЗВЕЗД  
В ( $\pi$ -He)-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 3,5 ГэВ/с

---

\* Институт физики Варшавского технического  
университета

1988

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В работе представлены предварительные результаты исследования характеристик нейтронов, испускаемых в  $(\pi^- - \text{Xe})$ -взаимодействиях при импульсе 3,5 ГэВ/с.

Источником экспериментальной информации являются снимки, полученные со 180 л пузырьковой камеры, заполненной жидким ксеноном  $\langle A \rangle = 131,3$ ,  $Z = 54$  и облученной в пучке отрицательных пионов на синхротроне ИТЭФ /Москва/. Камера имеет размеры  $103 \times 44 \times 40$  см. Первичные взаимодействия отбирались в центральной области камеры с размерами  $40 \times 10 \times 10$  см. Ксеноновая пузырьковая камера является детектором, позволяющим анализировать взаимодействия как заряженных, так и нейтральных продуктов соударений с высокой эффективностью. Нейтральные частицы идентифицируются по следам заряженных продуктов их распадов или взаимодействий.

Большой экспериментальный материал уже был обработан и проанализирован. Изучены разные характеристики заряженных вторичных частиц /пионов и протонов/, а также нейтральных пионов на основе 6301 отобранного события<sup>1-4</sup>, но не было получено информации об испускаемых нейтронах. Добавление этих данных о нейтронах даст возможность, кроме изучения характеристик самих нейтронов, исследовать корреляции между нейтронами и другими испускаемыми в соударениях частицами. Поэтому проводится добавочный просмотр с целью поиска так называемых нейтральных звезд.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Нейтральными звездами считаются все треки заряженных частиц, которые не вызваны заряженными частицами /кроме следов, вызванных  $\gamma$ -квантами/. Основным условием отбора событий для дальнейшей обработки /зарисовки и измерений/ является нахождение только одного первичного взаимодействия на кадре и отсутствие следов других взаимодействий в стенках камеры. Это условие позволяет считать, что все наблюдаемые нейтральные звезды происходят из этого первичного взаимодействия.

Фон случайных нейтральных звезд оценивается как соотношение числа нейтральных звезд, видимых на кадрах, на которых нет

первичных взаимодействий, к общему числу кадров без первичных взаимодействий.

Эффективность двухкратного просмотра оказалась равной 94%. Было просмотрено около 15000 снимков, на которых найдено 1128 кадров с одним первичным взаимодействием, среди них в 494 случаях были видны нейтральные звезды. Общее количество нейтральных звезд оказалось равным 733. Число нейтральных звезд на одно взаимодействие равно  $0,65 \pm 0,04$ . Среди 733 нейтральных звезд 498 испускаются вперед и 235 назад относительно точки первичного взаимодействия. Соотношение испускания нейтронов вперед-назад  $F/V = 2,1 \pm 0,2$ , что совпадает с аналогичным соотношением для протонов  $/4/$ .

Среди 730 кадров без первичного взаимодействия найдено 115 нейтральных звезд /95 кадров с одной звездой, 10 - с двумя/, что может свидетельствовать о фоне случайных звезд  $\leq 15,7\%$ , так как часть из них может быть исключена по другим критериям.

Чтобы получить картину испускания нейтронов, приближенную к истинной, необходимо определить веса регистрации нейтронов и учесть все фоновые поправки /случайный фон и фон из-за  $V^0$ -частиц/.

Веса определяются согласно общепринятой формуле /см.  $/5/$  /:

$$W = (1 - \exp(-\frac{\lambda}{\langle L \rangle}))^{-1}, \quad /1/$$

где  $\lambda$  - длина потенциального пробега нейтрона в камере,  $\langle L \rangle$  - средняя длина пробега до взаимодействия:

$$\langle L \rangle = \frac{1}{\rho \cdot \sigma_{nXe}}, \quad \rho = 2,18 \text{ г/см}^3,$$

$\sigma_{nXe}$  - сечение взаимодействия нейтрона с ядрами ксенона.

Поскольку у нас нет еще результатов измерений событий, мы провели оценку весов, используя данные о длинах потенциального пробега для протонов, предполагая, что распределения для протонов и нейтронов не должны существенно отличаться друг от друга.

Из энергетического распределения протонов видно, что они испускаются в диапазоне кинетической энергии  $20 \div 300$  МэВ  $/\langle E_k \rangle = 92,4$  МэВ/, что соответствует импульсному диапазону  $200 \div 800$  МэВ/с  $/4/$ . Примерно такой же энергетический диапазон ожидается для испускаемых нейтронов.

Оценка сечений  $\sigma_{nXe}$  сделана на основе данных о сечениях элементарных взаимодействий  $n-p$   $/6/$ . Описанная ниже процедура справедлива для нейтронов с энергией несколько сотен МэВ. В этом энергетическом интервале значения элементарных сечений

сильно меняются с ростом энергии /согласно формуле  $\sigma = a + \frac{b}{T} /7/$  /.

Определение зависимости сечений  $\sigma_{nXe}$  от импульсов нейтронов сделано с учетом экспериментальных значений сечений  $\sigma_{(np)}$  при разных импульсах и "ядерных сечений"  $\sigma_{in(nA)}$ , вычисленных для разных значений элементарных сечений  $\sigma_{tot} : \sigma_{(nA)} = f(\sigma_{(np)})$ .

Существует несколько графиков этой зависимости для разных  $A$ . Поскольку сечения меняются плавно с ростом массы ядра-мишени, из построенного графика  $\sigma_{(nA)} = f(A)$  можно простой интерполяцией определить сечения  $\sigma_{(nXe)}$  при данных  $\sigma_{(np)}$ , соответствующих данным импульсам нейтронов. Полученная в результате зависимость  $\sigma_{(nXe)} = f(p)$  приведена на рис.1. Поведению этой зависимости в интервале до 360 МэВ соответствует формула:

$$\sigma_{(nXe)}(p) = a + \frac{b}{\sqrt{p}},$$

где  $a = /0,91 \pm 0,02/6$ ,  $b = /10,3 \pm 0,3/6$  (МэВ/с) $^{\frac{1}{2}}$ ,  $\chi^2 = 0,74/ст.св.$  Для более высоких импульсов  $\sigma_{(nXe)}$  меняется очень слабо, принимая значения  $/1260 \div 1320/$  мб.

Имея зависимость сечений взаимодействий нейтронов с ядрами ксенона от импульсов нейтронов, можно из формулы  $/1/$  вычислить веса регистрации нейтральных звезд для разных импульсов. Для предварительной оценки веса вычислены в шести импульсных интервалах со средним значением сечения в каждом интервале. Результаты показаны в табл.1. Как видно из таблицы, веса в пределах ошибок не зависят от импульсов нейтронов. Разницы значений сечений компенсируются разницей значений потенциальных длин в зависимости от импульсов.

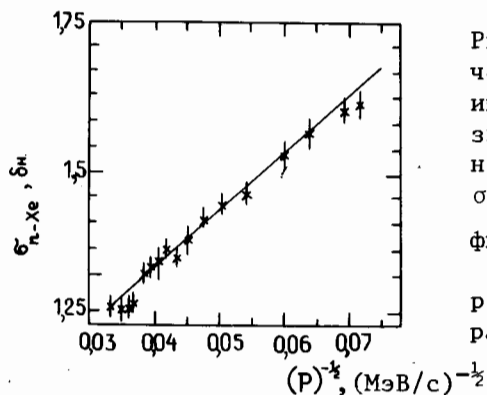


Рис.1. Зависимость неупругих сечений (n-Xe)-взаимодействий от импульсов нейтронов. Крестики - значения сечений, вычисленные на основе элементарных сечений  $\sigma_{(np)}$ , прямая линия - результат фита формулой  $\sigma_{(nXe)}(p) = a + \frac{b}{\sqrt{p}}$ ,  $p$  - импульс нейтрона,  $a, b$  - параметры фитирования.

Таблица 1. Веса регистрации нейтральных звезд

МэВ/с	W
$p < 0,2$	$2,2 \pm 0,9$
$200 \leq p < 300$	$2,8 \pm 0,7$
$300 \leq p < 400$	$2,9 \pm 0,7$
$400 \leq p < 500$	$3,0 \pm 0,8$
$500 \leq p < 700$	$3,0 \pm 0,8$
$700 \leq p < 1000$	$2,3 \pm 0,6$

На рис.2 показаны распределения по множественности наблюдаемых нейтральных звезд, а также для сравнения приведены примеры распределения протонов для этих множественностей звезд. Распределения нейтронов отличаются от распределений протонов, но надо учесть, что в нейтронных распределениях не введены веса и фоновые поправки.

На рис.3 показаны распределения по числу треков заряженных частиц в нейтральных звездах. Больше 75% треков - это звезды однолучевых событий. Наблюдаются звезды с количеством треков до 9, но их очень мало.  $V^0$ -частицы видны на снимках как "вилки", для которых выполнено условие компланарности. Надо отметить, что  $V^0$ -частицы, которые составляют около 5% нейтральных звезд, не включены в число 2-лучевых звезд. Точное значение поправки из-за  $V^0$ -частиц можно будет вычислить после измерений.

Среди всех  $(\pi^- - \text{Xe})$ -взаимодействий существует интересный класс взаимодействий без рождения пионов  $(\pi^0)$ , и для этого класса мы попытались сравнить множественные характеристики наблюдаемых нейтронов и протонов. Выделенные типы взаимодействий, статистика и среднее число испускаемых частиц приведены в табл.2.

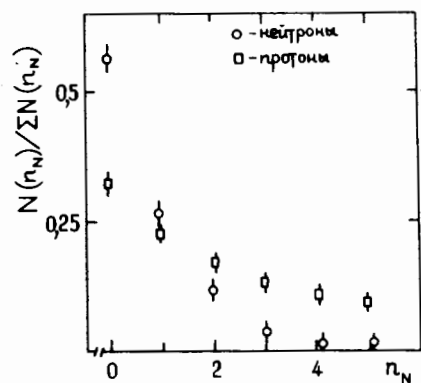


Рис.3. Распределение нейтральных звезд по числу треков заряженных частиц в звезде.

Рис.2. Множественное распределение нуклонов, наблюдаемых в  $(\pi^- - \text{Xe})$ -взаимодействиях.

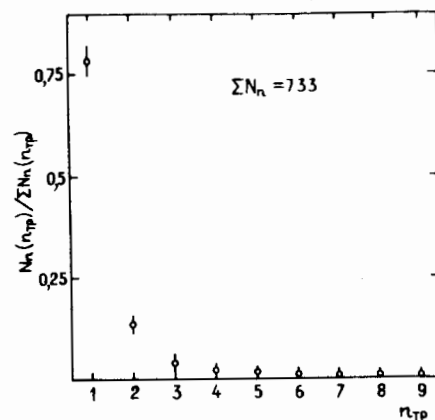


Таблица 2. Среднее число нуклонов  $\langle n_N \rangle$ , испускаемых в выбранных классах взаимодействий; p - протоны, n - нейтроны

Реакция	Количество событий		$\langle n_N \rangle$
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^{\pm} + k_1 p + k_2 n$	332	p	$2,92 \pm 0,18$
		n	$0,48 \pm 0,04$
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow k_1 p + k_2 n$	26	p	$7,15 \pm 0,71$
		n	$0,88 \pm 0,17$
$\pi^- + \text{Xe} \rightarrow \pi^{\pm} (\theta_{\pi} > 60^{\circ}) + k_1 p + k_2 n$	71	p	$6,47 \pm 0,76$
		n	$0,59 \pm 0,09$

Для этого сравнения взяты нейтральные звезды без фоновых поправок и весов. Несмотря на маленькую еще статистику этих событий, особенно случаев с  $n_{\pi} = 0$  и с углом эмиссии пиона больше  $60^{\circ}$  в л.с. координат, можно заметить, что изменения характеристик нейтронов отражают изменения характеристик протонов в этих событиях.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные первые экспериментальные результаты по образованию нейтронов в  $(\pi^- - \text{Xe})$ -взаимодействиях при  $p = 3,5$  ГэВ/с показывают, что эффективность наблюдения нейтральных звезд относительно высока /0,65 н.з./взаим./, и позволяют ожидать получения после измерений множественных, угловых и импульсных характеристик испускаемых нейтронов. Совместная информация о характеристиках нейтронов, заряженных частиц и  $\pi^0$ -мезонов в  $(\pi^- - \text{Xe})$ -взаимодействиях позволит получить новые физические результаты о взаимодействии адронов с ядрами Хе в условиях 4π-геометрии.

Авторы признательны д-ру З.Завиславскому и коллективу лаборантов за участие в обработке стереоснимков с ксеноновой пузырковой камеры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Миллер К. и др. ОИЯИ P1-87-179, Дубна, 1987.
2. Bartke J. et al. JINR E1-86-332, Dubna, 1986.
3. Гришин В.Г. и др. ОИЯИ P1-86-585, Дубна, 1986.

4. Стругальски З. и др. ОИЯИ P1-83-68, Дубна, 1983.
5. Бекмирзаев Р.Н. и др. ОИЯИ P1-84-734, Дубна, 1984.
6. Барашенков В.С. Сечения взаимодействий элементарных частиц. М.: Наука, 1966.
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. М.: Атомиздат, 1974, т. II.
8. Strugalski Z., Pawlak T., Pluta J. JINR E1-83-243, Dubna, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 июля 1988 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Гришин В.Г. и др.

P1-88-520

Характеристики нейтральных звезд в ( $\pi^-$ -Xe)-взаимодействиях при импульсе 3,5 ГэВ/с

Представлены предварительные результаты исследования характеристик нейтронов, испускаемых в ( $\pi^-$ -Xe)-взаимодействиях при импульсе 3,5 ГэВ/с. Число нейтральных звезд, на одно взаимодействие, составляет 0,65, соотношение числа нейтронов, испускаемых вперед-назад относительно первичного взаимодействия,  $F/B = 2,1$ . Приведены множественные распределения наблюдаемых нейтральных звезд и распределение по числу треков заряженных частиц в нейтральных звездах. Определены сечения взаимодействия нейтронов с ядрами ксенона и веса регистрации нейтронов в зависимости от их импульсов в импульсном интервале до 1,0 ГэВ/с.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

**Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988**

Перевод О.С.Виноградовой

Grishin V.G. et al.

P1-88-520

Neutral Star Characteristics in ( $\pi^-$ -Xe)-Interactions at 3.5 GeV/c Momentum

The preliminary results on the neutron characteristics investigated from ( $\pi^-$ -Xe) interactions at 3.5 GeV/c are presented. The number of neutral stars on one collision is 0.65, the ratio of the forward-backward neutron emission is  $F/B = 2.1$ . Multiplicity distribution of neutral stars and the distribution of charge track number in neutral stars are given. The cross sections of neutron interaction with xenon nuclei and the weights of neutral star registration in dependence on neutron momenta in the range up to 1.0 GeV/c are estimated.

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

**Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988**