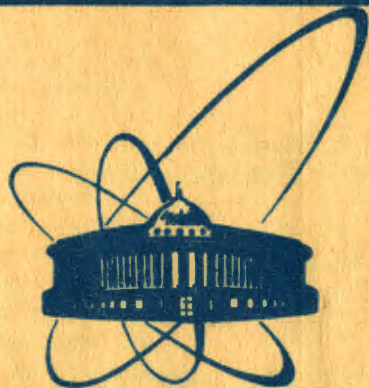


83-686

26/ХИ-83



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

6786/83

Д1-83-686

АНАЛИЗ СОБЫТИЙ С РОЖДЕНИЕМ ЧАСТИЦ  
В ИНТЕРВАЛЕ ВРЕМЕН ЖИЗНИ  $10^{-13}$  с  
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ С ЯДРАМИ  
ПРИ ИМПУЛЬСАХ (50-60) ГэВ/с

Сотрудничество: Дубна-Бухарест-Душанбе

1983

Н.Али-Мусса\*, К.Д.Толстов, Г.С.Шабратова  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Р.Ницу, Х.Рошу, М.Хайдук  
Центральный институт физики, Бухарест, СРР

И.Бободжанов, Т.Н.Максимкина, Г.Я.Сун-Цзин-Ян,  
А.А.Хушвактова, М.М.Шерматов  
Физико-технический институт АН ТаджССР, Душанбе, СССР

## ВВЕДЕНИЕ

Генерация и анализ распадов новых короткоживущих частиц является одной из актуальных задач современной физики высоких энергий. В последние годы все большее внимание уделяют поискам таких частиц в адронных взаимодействиях/1-8/.

Работы по поиску событий с временем жизни  $\leq 10^{-13}$  с во взаимодействиях протонов и отрицательных пионов с ядрами при энергиях серпуховского ускорителя были начаты нами в 1977 г./9-10/. Теоретические оценки давали малую вероятность наблюдения таких распадов: для энергий в сотни ГэВ предсказывались сечения рождения очарованных частиц порядка 1 мкб. Результаты наших работ, изложенные в/11-13/, показали значительно большие величины сечений.

В настоящей работе приводится анализ девяти кандидатов в новые частицы, найденных при просмотре 46551 случая неупругого взаимодействия  $\pi^-$ -мезонов с ядрами эмульсии при импульсах /50-60/ ГэВ/с.

Рассматриваются следующие вопросы:

1. Анализ наблюдаемых распадов.
2. Анализ первичных событий с рождением короткоживущих частиц.
3. Сечения рождения нейтральных мезонов.

### 1. АНАЛИЗ НАБЛЮДАЕМЫХ РАСПАДОВ

Критерии, используемые при поиске, измерениях событий и идентификации вторичных частиц, изложены в/11-13/. Там же даны кинематические характеристики кандидатов в новые частицы и вторичных частиц, возникающих при их распаде. В табл.1 приведены результирующие данные по распадам, наблюдаемым на расстояниях до 150 мкм от первичных звезд. Здесь же даны расстояния от первичных звезд до вершин распадов  $l$ ; схемы предполагаемых распадов; средние эффективные массы  $M_{эфф}$ ; лоренц-факторы  $\gamma$  и время жизни  $\tau$  исследуемых частиц. Средняя эффективная масса рассчитывалась в предположении изотропного вылета нейтральной компоненты в системе покоя распадающейся частицы.

В этой же таблице в примечании помечены события, где из первичных звезд наблюдался вылет заряженных К-мезонов. Для части адронов удалось провести идентификацию по ионизационным потерям. Символы этих адронов в записи схемы распада подчеркнуты.

\*Каирский университет, Египет

Таблица 1

№ соб	l мкм	Предпол. схема распада	M <sub>эфф.</sub> ГэВ	$\gamma$	$\tau \cdot 10^{-14}$ с	Примечание
<b>Распады нейтральных частиц</b>						
I	I2	( $\Pi\Pi$ ) $\pm$ K <sup>0</sup> ( $\Pi\Pi$ ) $\pm$ $\Pi^0$	2,12 2,52	2,15	I,9	
2	I46	( $\Pi K$ ) $\pm$ $\Pi^0$ ( $\Pi\Pi$ ) $\pm$ K <sup>0</sup>	2,32 2,17	2,07	23,5	K-мезон из первичной звезды
3	90	eK <sup>+</sup> $\nu$ eP $\nu$	0,60 1,03	3,37	8,9	"-
4	69	eK <sup>+</sup> $\nu$	0,52	3,46	6,6	
5	45	eK <sup>+</sup> $\nu$ eP $\nu$	0,62 1,16	5,6	2,7	
6	65	eP $\nu$	1,15	1,42	15,3	K-мезон из первичной звезды
7	I27	( $\Pi\Pi$ ) $\pm$ $\Pi^0$ ( $\Pi P$ ) $\pm$ $\Pi^0$	0,64 1,28	4,78	8,9	фон
<b>Распады заряженных частиц</b>						
8	I57	e $\Pi K^+$ $\nu$ e $\Pi^+$ $\nu$	0,82 1,25	3,67	14,3	
9	27	( $\Pi\Pi$ ) $\pm$ e $\nu$ ( $\Pi K$ ) $\pm$ e $\nu$	2,34 2,40	2,14	4,2	

Анализ схем распадов, приведенных в табл.1, показал, что в случае распадов нейтральных частиц источником фона могут быть распады странных частиц и события от взаимодействия нейтронов с нейтронами. Для распадов заряженных частиц только распады странных частиц могут имитировать фоновые события, так как были зарегистрированы полуплептонные моды распада.

Определение эффективности поиска распадов нейтральных и заряженных частиц подробно рассмотрено в<sup>13/</sup>. Для нейтральных частиц эффективность поиска равна  $0,32 \pm 0,03$ , для заряженных - близка к единице.

В той же работе<sup>13/</sup> детально рассмотрены вопросы оценки фоновых событий. Здесь приведем только значения ожидаемого числа таких событий. Для распадов нейтральных частиц по адронным модам

ожидается 1,7 событий, связанных с распадами странных частиц (K<sup>0</sup>,  $\Lambda$  и  $\bar{\Lambda}$ ), 0,006 событий могут быть обусловлены взаимодействием нейтронов из  $\pi^-N$ -столкновений с нейтронами ядра эмульсии. В случае полуплептонных распадов нейтральных частиц только  $5 \cdot 10^{-4}$  событий могут быть вызваны распадами странных частиц. Оценка фона для заряженных частиц не превышает  $0,3 \cdot 10^{-5}$  событий.

Анализ событий по массам показал, что события № 6 и 7 могут быть объяснены рождением странных частиц.

Оставшиеся 7 событий разбиваются по значениям M<sub>эфф.</sub> на две группы. В первой /события № 1,2,9/ средние эффективные массы оказываются близкими к массам очарованных частиц.

Во второй группе, соответствующей полуплептонным модам распадов /события № 3,4,5,8/, массы мезонных распадов невелики и изменяются от 0,8 до 0,5 ГэВ. Массы для барионных мод распадов оказываются близкими к массам странных барионов, однако вероятность таких распадов странных частиц мала. Так, число странных барионов должно составлять 0,0005, а наблюдается 4 распада, в том числе фоновое событие № 6. Кроме того, для очарованных барионов существует запрет по углу Кабиббо для распадов по модам, приведенным в табл.1. Поэтому нами рассматриваются только мезонные распады. При расчете эффективных масс для этих событий разумные оценки получаются при значениях углов вылета нейтрино в системе центра распадающихся частиц от 1° до 5° /см.табл.2/.

Таблица 2

№ соб.	Предполагаемая схема распада	M <sub>эфф.</sub> ГэВ	$\theta_{\nu}^{\circ}$
1	eK <sup>+</sup> $\nu$	1,73	3
2	eK <sup>+</sup> $\nu$	1,70	1
3	eK <sup>+</sup> $\nu$	1,81	2,5
4	e( $\pi K$ ) <sup>+</sup> $\nu$	1,81	5

Совпадение этих значений в узком интервале углов может служить указанием на выделенность направления вылета нейтрино при полуплептонных распадах нейтральных мезонов.

## 2. АНАЛИЗ ПЕРВИЧНЫХ СОБЫТИЙ

Проведен анализ восьми первичных звезд, в которых наблюдались распады короткоживущих частиц. Для этого на следах с  $\beta > 0,7$  ( $\beta = v/c$ ) были измерены импульсы методом многократного кулоновского рассеяния. Там, где невозможно было измерить импульс, его

величина оценивалась по углу вылета и среднему поперечному импульсу, определенному на основе измерений, проведенных на других следах.

Частицы с  $p\beta < 1,5$  ГэВ/с идентифицировались по ионизационным измерениям. В трех первичных событиях наблюдался вылет заряженных К-мезонов. Кроме того, был проведен поиск других распадов в окрестностях первичных звезд - на расстояниях до 1 см в конусе углов  $\leq 10^\circ$  и более 1 мм на остальных направлениях, однако не было обнаружено ни одного дополнительного распада.

В табл.3 даны суммарные энергии, идущие на рождение заряженных частиц  $(\Sigma E_1^*)_{зар.}$  и на образование новых частиц  $E_1$  в системе центра масс  $\pi^-N$ -взаимодействия. Полная энергия такого столкновения равна 9,73 ГэВ. Здесь же приведены характеристики звезд по множественностям рожденных частиц и частиц от разрушения ядра-мишени  $n_p + n_g + n_s$ . Приведены доли энергии от полной энергии /коэффициенты неупругости/, затраченные на образование новых частиц  $K_1$ , заряженных  $K_{зар.}$  и нейтральных  $K_{нейтр.}$  частиц.

Анализ суммарной энергии  $\Sigma E^* = E_1^* + (\Sigma E_1^*)_{зар.}$  показал, что в случае события № 1 остается достаточно энергии для рождения нейтральных пионов и для образования частицы с массой ~2 ГэВ. Это событие вместе с тремя событиями, в которых наблюдается вылет заряженных каонов, возможно, относятся к ассоциативному рождению очарованных частиц.

Известно/14/, что в обычных взаимодействиях при энергиях 50-60 ГэВ рождение заряженных К-мезонов наблюдается в одном событии из десяти, то есть для восьми анализируемых случаев ожидается  $\leq 1$  событие рождения К-мезонов. Следовательно, одно событие из трех может быть отнесено к числу фоновых. Наиболее вероятно, что этим событием является событие № 6. Это связано как с наблюдением уже одной странной частицы ( $\Lambda^0$ ) в этом событии, так и с большой степенью разрушения ядра-мишени, то есть большей долей энергии, затраченной на образование пионов. Средние коэффициенты неупругости, подсчитанные по оставшимся шести событиям с кандидатами в новые частицы, равны:  $\langle K_{нейтр.} \rangle = 0,20 \pm 0,08$ ;  $\langle K_{зар.} \rangle = 0,51 \pm 0,09$ ;  $\langle K_1 \rangle = 0,28 \pm 0,05$ .

Для событий без рождения таких частиц аналогичные коэффициенты  $\langle K_{нейтр.} \rangle = 0,39 \pm 0,02$  и  $\langle K_{зар.} \rangle = 0,61 \pm 0,02/15/$ .

### 3. СЕЧЕНИЯ РОЖДЕНИЯ

Процедура определения сечения рождения нейтральных мезонов на нуклон ядра-мишени подробно изложена в нашей работе/13/. По четырем событиям с длиной распада до 100 мкм, найденным при анализе 46551 взаимодействия, сечение оценивается равным /4+3/ мкб.

Так как поиск событий был ограничен длиной 100 мкм, необходимо найденное число распадов пересчитать на неограниченную длину наблюдения. Средний пробег до распада нейтральных очаро-

Таблица 3

№ соб.	$E_1^*$	$(\Sigma E_1^*)_{зар.}$	$\Sigma E^*$	$K_{нейтр.}$	$K_{зар.}$	$K_1$	Число лучей из перв.звезды	Примечание
1	3,13	0,90±0,11	4,03	0,58	0,09	0,32	3+1+3	
2	3,08	5,03±0,22	8,11	0,17	0,52	0,32	7+1+7	К-мезон из первичной звезды
3	1,96	6,57±0,70	8,53	0,12	0,67	0,20	11+9+11	" "
4	4,50	5,07±0,20	9,57	0,02	0,52	0,46	4+1+12	
5	1,86	5,73±0,37	7,59	0,22	0,59	0,19	15+7+8	
6	2,22	10,55±0,26	12,77				11+23+16	К-мезон из первичной звезды
8	1,95	6,57±0,31	8,52	0,12	0,68	0,20	6+4+11	

ванных мезонов в нашем случае равен 360 мкм /при расчете использовалось экспериментальное значение  $\gamma = 3,33$  и время жизни  $D^0$ -мезонов  $\tau_{D^0} = 4 \cdot 10^{-13}$  с/16//.

Следовательно, полное число распадов должно быть равно

$$N = \frac{N_{\text{канд.}}}{\epsilon(1 - e^{-\ell/\langle \lambda \rangle})}, \quad /1/$$

где  $N_{\text{канд.}}$  - число наблюдаемых распадов на длине  $\ell$ ;  $\epsilon$  - эффективность поиска,  $\langle \lambda \rangle$  - средний пробег до распада. Подставляя  $N_{\text{канд.}} = 4$ ,  $\epsilon = 0,32 \pm 0,03$ ,  $\langle \lambda \rangle = 360$  мкм в /1/, получаем  $N = 16$ . Следовательно, сечение рождения нейтральных мезонов мы оцениваем величиной  $\sim 17$  мкб.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Три события из шести кандидатов в очарованные частицы могут быть отнесены к событиям ассоциативного рождения этих частиц.
2. В полуплептонных распадах нейтральных мезонов наблюдается возможная выделенность направления вылета нейтрино.
3. Сечение рождения на нуклон для нейтральных мезонов во взаимодействиях отрицательных пионов с ядрами при импульсах /50-60/ ГэВ/с оценено величиной  $\sim 17$  мкб.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Alibrán P. et al. Phys.Lett., 1979, vol.74B, p.134.
2. Hanse T. et al. Ibid., p.139.
3. Bosetti P. et al. Ibid., p.143.
4. Brown K. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, 43, p.410.
5. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-81-693, Дубна, 1981.
6. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, D1-82-895, Дубна, 1982.
7. Aguilar-Benitez M. et al. Phys.Lett., 1983, vol.123B, p.98.
8. Aguilar-Benitez M. et al. Ibid., p.103.
9. Банник Б.П. и др. Письма в ЖЭТФ, 1977, 25, с.86.
10. Банник Б.П. и др. Письма в ЖЭТФ, 1977, 26, с.399.
11. Толстов К.Д. и др. Письма в ЖЭТФ, 1981, 38, с.243.
12. Толстов К.Д., Хушвактова А.А., Шабратова Г.С. ОИЯИ, P1-13037, Дубна, 1980.
13. Али-Мусса Н. и др. ОИЯИ, D1-82-715, Дубна, 1982.
14. Гришин В.Г. УФН, 1979, 127, с.51.
15. Воинов В.Г. и др. ЯФ, 1977, 26, с.1237.
16. Kalmus G. XXI Int. Conf. on High Energy Phys., 1982, p.C3-431.

Рукопись поступила в издательский отдел  
29 сентября 1983 года.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
D1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12450	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
D11-80-13	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D4-80-271	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-385	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D2-81-543	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 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

Али-Мусса Н. и др. D1-83-686  
 Анализ событий с рождением частиц в интервале времен жизни  $10^{-13}$  с  
 во взаимодействиях отрицательных пионов с ядрами  
 при импульсах /50-60/ ГэВ/с

Проанализировано 9 кандидатов в новые частицы, найденных при просмотре 46551 неупругого взаимодействия отрицательных пионов с ядрами эмульсии при импульсах /50-60/ ГэВ/с. Получено указание на возможную выделенность направления вылета нейтрино в полупертоновых распадах нейтральных мезонов. Проведен анализ первичных событий с рождением этих частиц. Три события могут быть интерпретированы как события ассоциативного рождения очарованных частиц. Сечение рождения нейтральных мезонов оценивается равным 17 мкб.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Ali-Mussa N. et al. D1-83-686  
 The Analysis of Events with Particle Production in the Lifetime Interval of  $10^{-13}$  s for Interactions of Negative Pions with Nuclei at /50-60/ GeV/c

Nine candidates to new short-lived particles have been found from 46551 inelastic interactions of negative pions with photoemulsion nuclei at /50-60/ GeV/c. Some evidence for the direction selection for neutrino emission from the semileptonic decay of neutral mesons is observed. The analysis of primary interactions with the production of such candidates has been carried out. Three events can be interpreted as events of the associative production of charmed particles. The production cross section of neutral mesons is evaluated to be 17 mkb.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983