

НАБЛЮДЕНИЕ РАСПАДОВ КОРОТКОЖИВУЩИХ ЧАСТИЦ В ФОТОЭМУЛЬСИИ, ОБЛУЧЕННОЙ ПРОТОНАМИ С ИМПУЛЬСОМ 400 Гэв/с

*А.А.Комар, Г.И.Орлова, Н.А.Салманова,
М.И.Третьякова, М.М.Черниловский*

В фотоэмulsionии, облученной протонами с импульсом 400 Гэв/с, обнаружено 9 случаев распада короткоживущих частиц, интерпретированных как распады очарованных частиц (в основном барионов). Оценка времени жизни дала значение $1.2 \cdot 10^{-14}$ сек. Для сечения образования очарованных частиц получена величина ~ 100 мкбн/нуклон.

1. Результаты ряда недавних исследований усилили интерес к проблеме рождения очарованных частиц в адронных столкновениях. С одной стороны, попытки зарегистрировать их образование в адронных столкновениях методами электроники пока остались безуспешными [1 – 3], с другой стороны, данные экспериментов по сбросу пучка протонов с энергией 400 ГэВ на мишень, приведшие к обнаружению прямых нейтрино [4 – 6], указали на то, что величина сечения образования очарованных частиц в нуклон-нуклонных соударениях σ_N^{ch} довольно значительна и лежит в диапазоне 100 – 400 мкбн¹⁾.

В этой связи уместно вспомнить, что в течение ряда лет в фотоэмulsionиях, облучавшихся пучками частиц высоких энергий, наблюдались отдельные аномальные события, которые интерпретировались как случаи рождения очарованных частиц [7 – 10], причем в совокупности эти данные свидетельствовали о заметной величине σ_N^{ch} (на уровне 100 мкбн). Резко отличающийся вывод ($\sigma_N^{ch} < 1,5$ мкбн) фотоэмulsionационной работы [11], насколько можно судить, обусловлен использованием критериев отбора событий, которое не позволило авторам заметить образование очарованных частиц.

В настоящей работе излагаются результаты систематического поиска случаев образования и распада очарованных частиц в фотоэмulsionии, облученной протонами с импульсом 400 Гэв/с, предпринятого более года назад и основанного на использовании новой методики²⁾.

2. Эксперимент проводился на слоях ядерной эмульсии типа БР-2 размерами 10×20 см² и толщиной эмульсионного слоя ~ 600 мк. Облучение выполнялось параллельно плоскости эмульсии на ускорителе FNAL (Батавия, США).

¹⁾ Эксперименты, выполненные методами электроники, дают ограничение $\sigma_N^{ch} \lesssim 20 - 30$ мкбн. Учитывая ряд допущений, сделанных при получении приведенных оценок σ_N^{ch} , расхождение в выводах двух групп экспериментов может быть и не столь значительно.

²⁾ Ряд предварительных результатов настоящего исследования и методика изложены в дипломной работе Н.А.Салмановой (МГУ, декабрь, 1977 г.).

При просмотре эмульсии было обнаружено 1120 первичных протонных взаимодействий (звезд). С целью обнаружения случаев распада короткоживущих частиц исследовался передний конус каждой звезды до расстояний $\Delta X = 1000$ мк (вдоль первичного пучка протонов) и $\Delta Y = \pm 60$ мк, $\Delta Z = \pm 50$ мк (для двух перпендикулярных оси x направлений).

Вторичная звезда относилась к возможному распаду при условии, что

1) не имелось черных и серых треков, ядер отдачи и β -электронов.

2) Число релятивистских частиц n_s было четным или нечетным в зависимости от заряда распавшейся частицы ($0, \pm 1e$).

Для всех интересных случаев проводилось измерение углов вылета образовавшихся частиц, их импульсов и характерной ионизации. Измерение импульсов проводилось изучением многократного кулоновского рассеяния с ошибкой 15 – 20%.

3. В результате анализа окрестностей 1120 первичных звезд было обнаружено 14 вторичных звезд с черными и серыми треками, что примерно соответствовало ожиданиям. Кроме того, была найдена 21 вторичная звезда типа $0 + 0 + n_s$, тогда как ожидаемое число таких звезд должно было составить 10% от числа звезд с черными и серыми треками, т. е. 1÷2. При дальнейшем анализе "чистых" вторичных звезд выяснилось, что:

7 из них связаны с актами рождения $e^+ e^-$ -пары с довольно большим углом раскрытия ($0,5 \div 1,3^\circ$).

2 звезды возникли как результат случайного попадания вершины $e^+ e^-$ -пары в близкую окрестность трека заряженной частицы.

1 звезда возникла за счет рождения $e^+ e^-$ -пары заряженным адроном в поле ядра эмульсии.

1 звезда, скорее всего, является нормальным вторичным взаимодействием.

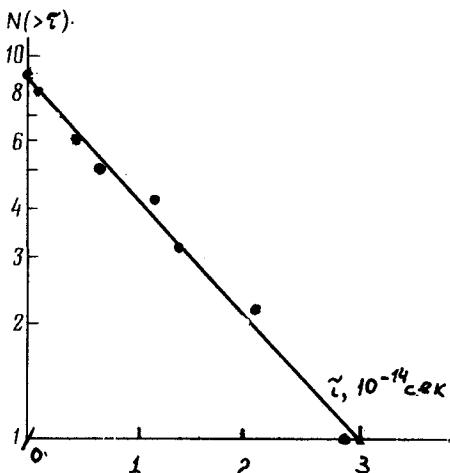
1 звезда трудно анализируема и поэтому в статистику распадов не включалась.

9 оставшихся "частиц" вторичных звезд были отнесены к случаям распада короткоживущих частиц. Их основные характеристики приведены в табл. 1. Отметим, что две вторичные звезды типа $0 + 0 + 4n$ имеют среди продуктов распада одиничный электрон и, кроме того, событие 10 – 70 – 213 имеет одиничный электрон в составе первичной звезды (при этом ближайший к нему трек первичной звезды принадлежит адрону). Подчеркнем, что все зарегистрированные распады произошли на расстояниях, не превышающих 100 мк от точки нахождения первичной звезды, тогда как остальные вторичные звезды распределены примерно равномерно по всему интервалу в 1000 мк. Оценки числа событий, возникающих в интервале до 100 мк за счет известных процессов и имитирующих распады, приведены в табл. 2. Из нее следует, что число фоновых событий существенно ниже наблюденного числа распадов.

4. Оценка массы распадающихся частиц, проведенная при различных предположениях о природе продуктов распада, показала, что во всех случаях возможны значения массы, близкие к $2 \text{ Гэв}/c^2$ (в шести случаях для этого требуется предположить наличие бариона среди продуктов распада). Это обстоятельство явилось доводом в пользу того, что наблюденные события являются случаями распада очарованных частиц,

причем в значительной части барионов. Моды распада, приводящие к массе исходной частицы, лежащей в районе 2 Гэв/с², приведены в табл.1. В двух случаях следует предположить наличие полуlepтонного распада. Масса исходной частицы при этом может быть оценена только снизу. Тип исходной частицы в этих случаях строго не определяется.

На основании данных табл. 1 была построена зависимость $N(>\tau)$ от τ , где τ — время до распада, прошедшее в системе покоя распавшейся частицы. При этом все данные были просуммированы. Возникшая зависимость (см. рисунок) в полулогарифмическом масштабе близка к линейной. Это может означать, что времена жизни различных очарованных частиц мало отличаются друг от друга (по крайней мере, для барионов). Характерное время жизни, следующее из рисунка, $\tau_0 = 1,5 \cdot 10^{-14}$ сек.



Интегральный спектр короткоживущих частиц по временам распада

Во всех обсуждаемых случаях факт ассоциативного рождения не был надежно зафиксирован. Исключение составляет звезда 10 — 70 — 213, в которой наблюдался вылет электрона из точки первичного взаимодействия. Его возникновение вероятнее всего связано с распадом второй очарованной частицы (возможно D -мезона). При этом следует предположить, что времена жизни D -мезонов в несколько раз меньше значения τ_0 и что их распады происходят в непосредственной близости от центра звезды (< 10 мк) и плохо идентифицируемы.

На основании приведенных данных отношение выходов $Y_{em}^{ch}/Y_{em}^{inel} \approx 10^{-2}$. Исходя из эмпирической зависимости $\sigma_A^\psi = A\sigma_N^\psi$ [12] и предполагая $\sigma_A^{ch} = A\sigma_N^{ch}$, а также используя

$$\sigma_A^{inel} = A^{\frac{3}{4}} \sigma_N^{inel} [13, 14]$$

имеем

$$Y_{em}^{ch}/Y_{em}^{inel} = \frac{\sigma_N^{ch} \sum_{em} n_i A_i}{\sigma_N^{inel} \sum_{em} n_i A_i^{\frac{3}{4}}} = 2,7 \frac{\sigma_N^{ch}}{\sigma_N^{inel}} .$$

Отсюда при $\sigma_N^{inel} \approx 33$ мкбн следует оценка $\sigma_N^{ch} \approx 120$ мкбн, согласующаяся с данными по прямым нейтрино [4 — 6].

Таблица 1.

Характеристики распавшихся частиц

Тип распада	№ п/п	Номер и тип перв. звезды	l от перв. зв. (мк)	Масса ГэВ/с ²	γ	$\tau \cdot 10^{14}$ сек
$0 + 0 + 3p$	1	$10 - 78 - 210$ (1 + 5 + 20p)	63	$2,2 \pm 0,3$ ($\pi\pi\Sigma, K\pi p$)	33	0,65
	2	$10 - 78 - 097$ (1 + 3 + 35p)	90	$2,1 \pm 0,3$ ($K\pi p$)	23	1,3
$0 + 0 + 2n$	3	$10 - 70 - 090$ (5 + 2 + 21p)	25	$2,1 \pm 0,3$ ($\pi\Sigma$)	22	0,4
	4	$10 - 74 - 236$ (5 + 3 + 18p)	29	$2,0 \pm 0,2$ ($\pi\Sigma$)	2,2	4,4
	5	$10 - 74 - 341$ (13 + 7 + 42p)	35	$2,3 \pm 0,2$ (Kp)	8	1,5
	6	$10 - 78 - 277$ (6 + 12 + 17p)	22	$2,5 \pm 0,4$ ($\pi\Sigma$)	3,2	2,3
	7	$10 - 70 - 002$ (15 + 3 + 20p)	28	$2,0 \pm 0,4$ ($K3\pi$) $2,1 \pm 0,3$ ($\Sigma 3\pi$)	23	0,4
$0 + 0 + 4n$	8	$10 - 70 - 148$ (7 + 7 + 26p)	77	$2,2 \pm 0,3$ (для $e^2\pi\Sigma$)	8,8	2,9
	9	$10 - 70 - 213$ (1 + 1 + 7p)	12	$2,5 \pm 0,4$ (для $e2\pi\Sigma$)	67	0,06

Таблица 2.

Фон для распадов в интервале 100 мк

Тип распада	Наблюденное число событий	Оцененный фон	Источник фона
$0 + 0 + 3p$	2	$\lesssim 10^{-2}$	Вторичн. вз-ие (когер. генерации)
$0 + 0 + 2n$	4	$\lesssim 4 \cdot 10^{-2}$	Распады $K_s^0 \rightarrow 2\pi$ $\Lambda \rightarrow p\pi$ Вторичн. вз-ие нейтр. частиц
$0 + 0 + 4n$	3	$\lesssim 2 \cdot 10^{-3}$	Вторичн. вз-ие нейтр. частиц

Авторы признательны руководству FNAL и Отделению Ядерной физики АН СССР за содействие в облучении ядерных фотоэмультий на ускорителе FNAL, проф. Л.Войводичу и И.В.Чувило за помощь при проведении сеанса облучения, а также Е.А.Крупецковой и М.В.Тюриной за просмотр и измерения.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
29 августа 1978 г.

Литература

- [1] D.Bintinger et al. Phys. Rev. Lett., 37, 732, 1976; W.R.Ditzler et al Phys. Lett., 71B, 451, 1977.
- [2] J.C.Alder et al. Phys. Lett., 66B, 401, 1977.
- [3] M.A.Abolins et al. Phys. Lett., 73B, 355, 1978.
- [4] P.Alibran et al. Phys. Lett., 74B, 134, 1978.
- [5] T.Hansl et al. Phys. Lett., 74B, 139, 1978.
- [6] P.C.Bosetti et al. Phys. Lett., 74B, 143, 1978.
- [7] А.А.Комар, Г.И.Орлова, М.И.Третьякова, М.М.Чернявский. Письма в ЖЭТФ, 21, 518, 1975; ЯФ, 24, 529, 1976.
- [8] K.Hoshino et al. Prog. Theor. Phys. 53, 1859, 1975.
- [9] P.L.Jain, B.Girard. Phys. Rev. Lett., 34, 1238, 1975.
- [10] Б.П.Баник, И.Бободжанов, Дж. А.Саломов, Г.Я.Сун-Цзин-Ян, К.Д.Толстов, Р.А.Хошмухамедов, Г.С.Шабратова, А.Эль-Наги. Письма в ЖЭТФ, 25, 586, 1977; 26, 399, 1977.
- [11] G.Coremans-Bertrand et al. Phys. Lett., 65B, 480, 1976.
- [12] M.Binkley et al. Phys. Rev. Lett., 37, 571, 1976.
- [13] P.V.R.Murthy et al. Nucl. Phys., B92, 269, 1975.
- [14] F.Fumure et al. Proc. of 15th Int. Cosmic Ray Conf., 7, 59, Bulgaria, 1977.