

СЭУ6.У6

Б-219

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



3703/2-74

16/12-74

1 - 8139

Е.Баля, О.Баля, Ш.Берчану, В.М.Карнаухов,  
В.Каутиш, К.Кока, А.Д.Макаренкова, А.Михул,  
В.И.Мороз, Н.С.Новикова, Г.Н.Тентюкова

ЧЕТЫРЕХЛУЧЕВЫЕ СОБЫТИЯ  
С РОЖДЕНИЕМ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ  
В  $\Pi^- p$  -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ 16 ГЭВ/С.

Часть 3. Идентификация каналов реакций.

**1974**

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ  
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Е.Баля,\* О.Баля,\* Ш.Берчану, В.М.Карнаухов,  
В.Каутиш, К.Кока,\* А.Д.Макаренкова, А.Михул,  
В.И.Мороз, Н.С.Новикова, Г.Н.Тентюкова

ЧЕТЫРЕХЛУЧЕВЫЕ СОБЫТИЯ  
С РОЖДЕНИЕМ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ  
В  $\pi^- p$  -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ 16 ГЭВ/С.  
Часть 3. Идентификация каналов реакций.

---

\* Институт атомной физики, СРР, Бухарест.



Описывается методика выделения каналов реакций четырехлучевых  $\pi^+p$ - взаимодействий с образованием странных частиц. В эксперименте использованы снимки с двухметровой водородной пузырьковой камеры ЦЕРНа, экспонированной в пучке  $\pi^-$ - мезонов с импульсом 16 Гэв/с. Подробное описание условий просмотра, измерений, обчета событий дано в /1,2,3/.

#### Отбор событий для идентификации.

В данную работу включен материал двойного просмотра 60000 снимков, на которых было отобрано для измерений 2713 четырехлучевых событий с одним, двумя или тремя предполагаемыми  $V^0$ -распадами. Критерии отбора событий при просмотре указаны в /1/. Эффективность двойного просмотра равна  $(99,2 \pm 0,1)\%/2/$ . После измерений /1/ отобранных событий и восстановления их пространственной картины в камере /3/ с помощью специальных тестов /2/ отбирались события для обработки по программам кинематической идентификации  $V^0 \pm$ -распадов "2-4"/4/,"3-1"/5/. Из обчисленных по этим программам событий для их полной кинематической идентификации по программе "10-30"/6/ отбирались события с нейтральными странными частицами  $K^0$ ,  $\Lambda^0$ ,  $\bar{\Lambda}^0$  /7/.

Из 2713 событий, отобранных для измерений, 1377 (50,76%) пригодны для обработки по программе "10-30". Для сравнения укажем, что в /8/ (80-дюймовая водородная пузырьковая камера, облучение  $\pi^-$ - мезонами с импульсом 25 Гэв/с) аналогичная величина равна 40%.

Выбор критериев идентификации событий

В программе "IO-30" были заданы гипотезы 15 каналов реакций со странными частицами в  $\Pi p$  - взаимодействиях, представленные в таблице I. Первые пять гипотез предполагают участие в реакциях только зарегистрированных в камере частиц (4 уравнения связи), в остальных гипотезах предполагается одна улетающая частица (1 уравнение связи). Ввиду очень малого сечения не рассматривались гипотезы с рождением четырех странных частиц /9/. В гипотезы не вводился  $\Sigma^-$ -гиперон, поскольку в подобных экспериментах при высоких энергиях трудно различить  $\Lambda^0$ ,  $\Sigma^0$  /8,10/. Поэтому естественно ожидать среди событий с  $\Lambda^0$  примесь событий с  $\Sigma^0$ .

Для определения оптимальных критериев идентификации каналов реакций в условиях эксперимента \*) с помощью программ ФОРС /II/ и "IO-30" проведено моделирование и идентификация моделированных реакций I-15 (таблица I). В /I2/ по результатам идентификации моделированных событий определены критерии отбора событий по величине  $\chi^2$ .

Событие считается удовлетворяющим гипотезе с одним уравнением связи, если  $\chi^2 \leq 8$ . Для четырех уравнений связи требуется, чтобы  $\chi^2 \leq 15$ . При выборе таких границ теряется 0,5% истинных событий (этот же уровень достоверности выбран в /I3/). На материале моделированных событий выбраны критерии отбора событий по  $MM^2$ -величине квадрата недостающей массы /I2/ (таблица 2). В таблице 2 для сравнения приведены границы интервалов  $mm^2$ , использовавшиеся при идентификации событий различных типов в других работах /IO, I3-I7/.

\*) Моделирование и обработка моделированных и измеренных реальных событий выполнялись на ЭВМ БЭСМ-4 с одним и тем же набором констант /I2/.

Таблица I.

№ гип	Гипотезы событий, заданные в программе "IO-30".	Количество событий, идентифицированных однозначно.
I.	$PK^+ \Pi^+ \Pi^- \tilde{K}^0$	10
2.	$\Pi \Pi^+ K^- \Pi^- K^0$	13
3.	$K^+ \Pi^+ \Pi^- \Pi^- \Lambda^0$	9
4.	$\Pi^+ \Pi^+ \Pi^- \Pi^- \Lambda^0 K^0$	3
5.	$\Pi \Pi^+ \Pi^- \Pi^- K^0 \tilde{K}^0$	3
6.	$\Pi^+ \Pi^+ \Pi^- \Pi^- \Lambda^0 (K^0)$	13
7.	$K^+ \Pi^+ \Pi^- \Pi^- \Lambda^0 (\Pi^0)$	46
8.	$\Pi^+ \Pi^+ K^- \Pi^- K^0 (n)$	14
9.	$PK^+ \Pi^- \Pi^- \tilde{K}^0 (\Pi^0)$	23
10.	$\Pi \Pi^+ \Pi^- K^- K^0 (\Pi^0)$	52
11.	$\Pi^+ \Pi^+ \Pi^- \Pi^- K^0 (\Lambda^0)$	6
12.	$K^+ \Pi^+ \Pi^- \Pi^- \tilde{K}^0 (n)$	23
13.	$\Pi \Pi^+ \Pi^- \Pi^- K^0 (\tilde{K}^0)$	26
14.	$\Pi^+ \Pi^+ \Pi^- \Pi^- \Lambda^0 K^0 (\Pi^0)$	8
15.	$\Pi \Pi^+ \Pi^- \Pi^- K^0 \tilde{K}^0 (\Pi^0)$	5

незарегистрированная частица	2м водородная камера П р 16 Гэв/с 4-лучевые события	2м водородная камера П р 16 Гэв/с 2-лучевые события	1,5м водородная камера П р II Гэв/с 2-лучевые события
гипотезы с 4 уравнениями связи	$-0,04 \leq \text{мм}^2 \leq 0,02$		
$\Pi^0$	$-0,3 \leq \text{мм}^2 \leq 0,3$	$-0,2 \leq \text{мм}^2 \leq 0,4$	$\text{мм}^2 \leq 0,3$
$K^0$	$-0,1 \leq \text{мм}^2 \leq 0,6$	$-0,02 \leq \text{мм}^2 \leq 0,70$	$\text{мм}^2 \leq 0,6$
$\eta$	$0,4 \leq \text{мм}^2 \leq 1,4$	$0,4 \leq \text{мм}^2 \leq 1,4$	$\text{мм}^2 \leq 1,2$
$\Lambda$	$0,7 \leq \text{мм}^2 \leq 1,7$	$0,6 \leq \text{мм}^2 \leq 1,6$	

Таблица 3.

незарегистрированная частица	$\overline{\text{мм}^2}$	
	( $\text{мм}^2$ в допустимых пределах)	( $\text{мм}^2$ за допустимыми пределами)
$\Pi^0$	0,111	0,348
$K^0$	0,126	0,375
$\eta$	0,245	0,605
$\Lambda^0$	0,225	0,575

Таблица 2

1м водородная камера П р 5 Гэв/с 6-лучевые события	81см водородная камера К р 3,5 Гэв/с 2-лучевые события	1м пропановая камера П р 5 Гэв/с 2-лучевые события	24 л пропановая камера П р 4 Гэв/с 2-лучевые события
		$-0,1 \leq \text{мм}^2 \leq 0,1$	$-0,1 \leq \text{мм}^2 \leq 0,1$
$-0,20 \leq \text{мм}^2 \leq 0,16$	$-0,08 \leq \text{мм}^2 \leq 0,09$	$-0,3 \leq \text{мм}^2 \leq 0,4$	$-0,15 \leq \text{мм}^2 \leq 0,15$
	$0,125 \leq \text{мм}^2 \leq 0,390$	$-0,1 \leq \text{мм}^2 \leq 0,6$	$-0,1 \leq \text{мм}^2 \leq 0,4$
$0,4 \leq \text{мм}^2 \leq 1,2$	$0,60 \leq \text{мм}^2 \leq 1,18$		$-0,4 \leq \text{мм}^2 \leq 1,2$
			$0,8 \leq \text{мм}^2 \leq 1,8$

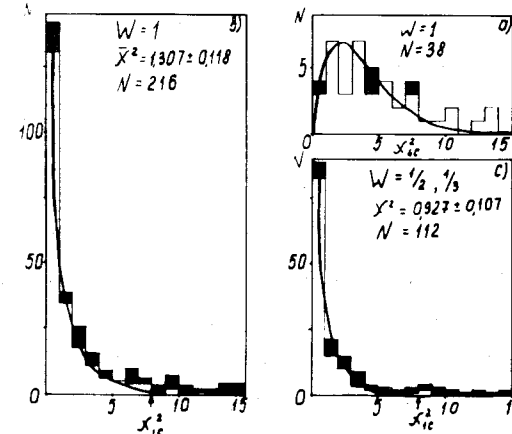


Рис. 1.  $\chi^2$  - распределения.

- а) для однозначно идентифицированных событий с 4 уравнениями связи,  
 б) для однозначно идентифицированных событий с 1 уравнением связи,  
 в) для неоднозначно идентифицированных событий с 1 уравнением связи.  
 □ - события, удовлетворяющие всем критериям идентификации;  
 ■ - события, у которых  $\text{мм}^2_x$  не лежат в допустимых пределах.

Кроме кинематических критериев идентификации, использовалась визуальная оценка ионизации на треке, при которой реперным треком являлся трек первичного  $\Pi^-$  - мезона. Считали возможным различать треки с плотностями ионизации, отличными в 1,5 раза /10,13,15/. При таком условии разделить  $\Pi^+$  - мезоны и протоны можно было до импульса  $\sim 1,4$  Гэв/с,  $\Pi^\pm$  и  $K^\pm$  - до  $\sim 0,7$  Гэв/с,  $K^+$  и  $p$  - до  $\sim 1$  Гэв/с.

Если указанные критерии идентификации допускали существование только одной гипотезы, событие считалось идентифицированным однозначно. При выполнении этих условий для двух или более гипотез события выбиралась та гипотеза, отношение вероятности которой к вероятности любой другой  $\frac{W_1}{W_{i=2,3}}$  было равно трем или более /18/ (в /8/ эта величина была выбрана равной 5, в /10/ - 2). В этом случае событие также считалось идентифицированным однозначно. Если из двух или трех гипотез с вероятностями больше 0,005 нельзя было выделить одну ( $\frac{W_1}{W_{i=2,3}} < 3$ ), выбирались эти две или три гипотезы (с весом  $\frac{1}{2}$  или  $\frac{1}{3}$ , соответственно /13,15,19/), для которых  $\frac{W_{i=1,2,3}}{W_{4,5,6...}} \geq 3$ . В случае, когда более, чем три гипотезы с вероятностями больше 0,005 не разделяются ни по вероятностям, ни по остальным критериям, событие считалось неразделенным. Если значения величины  $\chi^2$  для гипотез с четырьмя и одним уравнением связи лежали в допустимых пределах ( $\chi_4^2 \leq 15, \chi_1^2 \leq 8$ ), гипотезе с 4 уравнениями связи отдавалось предпочтение перед другими, характеризуемыми одним уравнением связи /13,15,19,20/.

#### Результаты идентификации событий

После анализа обчисленные по программе "10-30" реальные события были разделены на 4 группы.

1. События удовлетворяют гипотезам с 4 уравнениями связи (нет незарегистрированных частиц).

2. События удовлетворяют гипотезам с 1 уравнением связи (одна незарегистрированная частица).

3. События удовлетворяют гипотезам с 4 или 1 уравнениями связи, но квадрат недостающей массы -  $mm^2$  не лежит в допустимых пределах (таблица 2).

4. События неидентифицированы как события с 4 или 1 уравнениями связи (предполагаются две и более незарегистрированные в камере частицы или неразделены гипотезы).

В работе представлены результаты идентификации 1136 событий. Из них 38 (3,35 %) относятся к 1-й группе событий;

328 (28,88%)	-	ко 2-й;
83 (7,31%)	-	к 3-й;
687 (60,48%)	-	к 4-й.

Из 328 событий с одним уравнением связи 216 (65,85%) идентифицированы однозначно; 78 (23,78%) выделены с двумя гипотезами; 34 (10,37%) выделены с тремя гипотезами. Распределение 216 однозначно идентифицированных событий по гипотезам показано в таблице 1.

В /10/ использовался дополнительный критерий идентификации событий - величина  $R = \frac{MM^2 - MM^2_{иср}}{\Delta MM^2}$ , которая для идентифицированных событий должна лежать в интервале (-3, +3). Проверка наших идентифицированных событий по этому критерию показала ненужность подобной дополнительной идентификации, если используется  $mm^2$  для разделения гипотез. Все события, лежащие в допустимых пределах  $mm^2$  (таблица 2), автоматически удовлетворяют этому критерию. В нашей работе отношение количества гипотез идентифицированных событий к числу этих событий равно 1,44, в /10/ подобная величина равна 1,4.

Для идентифицированных по  $\chi^2$  и ионизации событий построены  $\chi^2$ -распределения. На рис. I представлены распределения величины  $\chi^2$  для событий с 4 уравнениями связи (рис. Ia), 1 уравнением связи в случае однозначно идентифицированных событий (рис. Ib) и для событий, у которых выделены две или три наиболее вероятные гипотезы (рис. Ic). В распределениях отмечены события, не удовлетворяющие идентификации по  $m^2$ . Экспериментальные распределения для событий, удовлетворяющих всем критериям идентификации, совпадают с теоретическими. Видно, что почти для всех событий с  $\chi^2 > 8$  (рис. Ib, Ic)  $m^2$  не лежат в допустимых пределах. Это подтверждает правильный выбор предельной величины  $\chi^2$ .

На рис. 2, 3, 4 показаны распределения величины  $m^2$  для моделированных и реальных событий с 4 и 1 уравнениями связи с незарегистрированными  $\pi^0$ ,  $K^0$ ,  $n$ ,  $\Lambda^0$ - частицами. Экспериментальные события, выходящие за границы распределений моделированных событий, считаем измеренными с большими ошибками параметров. Для сравнения в таблице 3 приведены средние значения величины  $\Delta M M^2_{\pi^0, K^0, n, \Lambda}$  для событий, удовлетворяющих идентификации по  $m^2$  и отбракованных по этой причине. Ошибки  $\Delta M M^2$  во втором случае всегда в  $\sim 3$  раза больше.

На рис. 5 представлено общее распределение по  $m^2$  для идентифицированных четырехлучевых событий с одним уравнением связи. Видны пики в районе масс  $\pi^0$ ,  $K^0$ ,  $n$ ,  $\Lambda^0$ - частиц.

Авторы благодарят ЦЕРН за предоставленную возможность работать с фотоснимками облучения  $\Pi^-$  - мезонами при 16 Гэв/с 2-х метровой водородной пузырьковой камеры, д-ра Д.Р.О Моррисона - за интерес к работе, д-ра Г.Келлнера и А.Ф. Лукьянцева за помощь в работе с лентами суммарных результатов, лаборантов - за проведенные измерения.

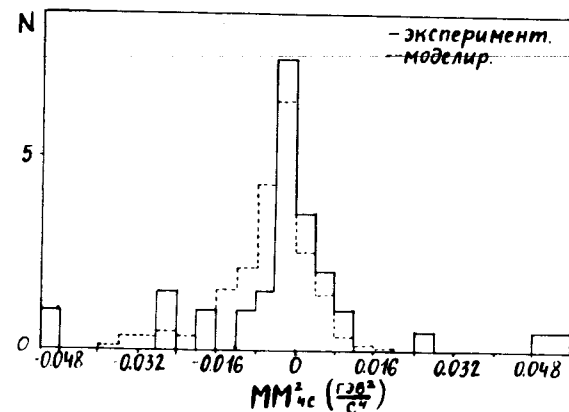


Рис. 2. Распределения квадрата недостающей массы для однозначно идентифицированных экспериментальных и моделированных событий с 4 уравнениями связи.

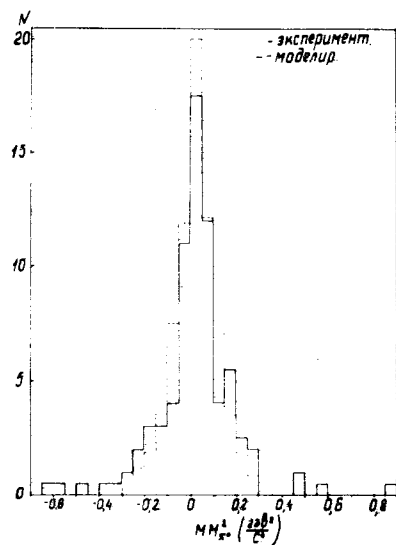


Рис. 3. Распределения квадрата недостающей массы для однозначно идентифицированных экспериментальных и моделированных событий с незарегистрированным  $\pi^0$ - мезоном.

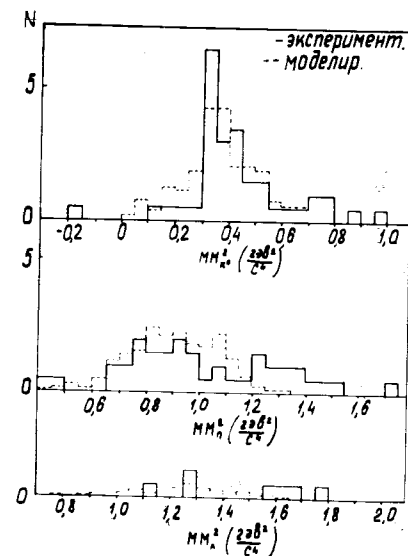


Рис. 4. Распределения квадрата недостающей массы для однозначно идентифицированных экспериментальных и моделированных событий с незарегистрированными  $K^0$ ,  $\eta$ ,  $\Lambda^0$ - частицами.



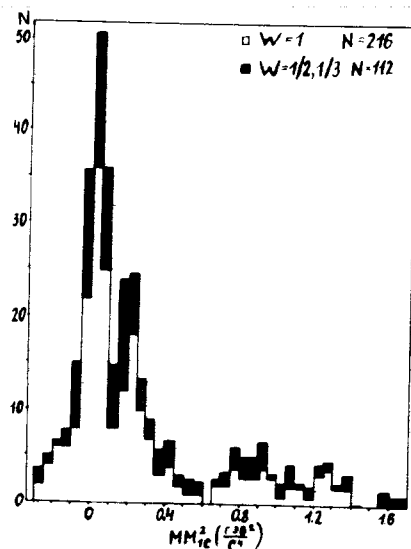


Рис. 5. Суммарное распределение квадрата недостающей массы для однозначно идентифицированных экспериментальных событий с I уравнением связи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е.Баля и др. ОИЯИ, Е2-1-7133, 1973.
2. Е.Баля и др. ОИЯИ, Е2-1- 8136, 1974.
3. Е.Баля и др. ОИЯИ, Е2-1-7134, 1973.
4. А.Ф.Лукьянцев и др. Препринт ОИЯИ, Р-1982, 1965.
5. В.М.Карнаухов и др. Препринт ОИЯИ, IO-6123, 1971.
6. З.М.Иванченко и др. Препринт ОИЯИ, PII-3983, 1968.
7. Е.Баля и др. Сообщение ОИЯИ I-8138, , 1974.
8. J.Waters, Thesis, Wisconsin, 1969.
9. I.Berceanu et al, Сообщение ОИЯИ, EI-6327, 1972.
10. Marc-Aurele Vincent, Note CEA-N-1496, Thesis, Saclay, 1971.
11. В.Е.Комолова, Г.И.Копылов. Препринт ОИЯИ, PII-3193, 1967.
12. Е.Баля и др. ОИЯИ, Е2-1- 8137 , 1974.
13. А.М.Моисеев, В.А.Ярба. Препринт ОИЯИ, PI-3313, 1967.
14. DST from D.R.O. Morrison Group, CERN.
15. М.Р.Атаян и др. Препринт ОИЯИ, I-3779, 1968.
16. А.Г.Володько и др. Сообщение ОИЯИ, PI-6488, 1972.
17. М.Р.Атаян, И.С.Сайтов.Сообщение ОИЯИ, I3-6086, 1971.
18. Private Communication from G.Kellner.
19. В.И.Мороз и др. Препринт ОИЯИ, PI-3145, 1967.
20. В.И.Мороз и др. Препринт ОИЯИ, P-IO-2935, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 июля 1974 года