

30/вм-71

ДФ, 1972, т. 15, № 1, р. 75-80

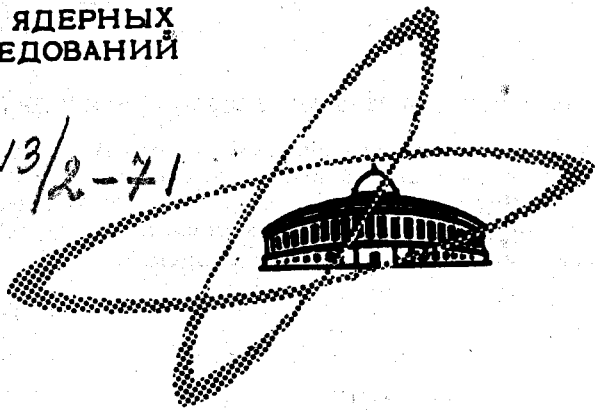
Б-903

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3013/2-71

1 - 5921



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов, А.Г.Володько,  
В.П.Джелепов, Ж.К.Карамян, В.С.Кладницкий,  
Ю.Ф.Ломакин, Г.Мартинска,  
В.Б.Флягин, Л.Шандор

ОБРАЗОВАНИЕ ДВУХ  $\Lambda^0$ -ГИПЕРОНОВ  
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 5 ГЭВ/С

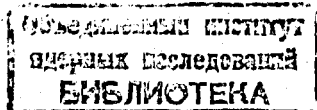
1971

1 - 5921

Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов, А.Г.Володько,  
В.П.Джелепов, Ж.К.Карамян, В.С.Кладницкий,  
Ю.Ф.Ломакин, Г.Мартинска,  
В.Б.Флягин, Л.Шандор

ОБРАЗОВАНИЕ ДВУХ  $\Lambda^0$ -ГИПЕРОНОВ  
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 5 ГЭВ/С

*Направлено в ЯФ*



Сообщаются некоторые результаты исследования образования четырех странных частиц в каскадных процессах, вызванных столкновениями  $\pi^-$ -мезонов с ядрами углерода. В настоящее время практически отсутствуют сведения о подобных взаимодействиях - их сечениях, угловых и импульсных характеристиках образующихся частиц и т.п.

При изучении взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с ядрами углерода на метровой пропановой камере Лаборатории ядерных проблем<sup>/1/</sup> при  $P_{\pi^-} = 5$  Гэв/с<sup>/2/</sup> были отобраны события с двумя и более  $V^0$ -частицами в конечном состоянии.

В результате просмотра и измерений 230000 фотографий было найдено и идентифицировано 32 события с двумя  $\Lambda^0$ -гиперонами - события типа „ $\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$ “.

Из-за погрешностей измерений часть  $V^0$ -частиц идентифицируется неоднозначно, т.е. и как  $\Lambda^0$ , и как  $K^0$ . Поэтому все события типа „ $\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$ “ были разделены на две группы: А - обе  $V^0$ -частицы идентифицированы однозначно - как  $\Lambda^0$ -гипероны; Б - одна  $V^0$ -частица идентифицирована однозначно - как  $\Lambda^0$ -гиперон, а вторая - неоднозначно, однако, по своим качественным характеристикам она ближе к  $\Lambda^0$ -гиперону:

$$1) (p_- / p_+)_{V^0} < 0,3,$$

$$2) \chi_{\Lambda^0}^2 < \chi_K^2.$$

Оценка примеси  $K^0$ -мезонов в событиях группы Б производилась следующим образом. Были взяты 2-лучевые " $\pi^- p$ "-события с неоднозначно идентифицированной  $V^0$ -частицей, имеющей характеристики группы Б.

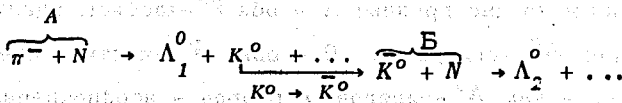
Эти события анализировались программой "*fit* -каналов реакций" дважды:

- 1) с  $V^0$ -частицей - как  $\Lambda^0$ -гипероном;
- 2) с  $V^0$ -частицей - как  $K^0$ -мезоном.

В результате такого анализа было установлено, что доля  $K^0$ -мезонов среди неоднозначно идентифицированных  $V^0$ -частиц составляет  $\approx 10\%$  (по 4с *fit* -событиям). Этот результат хорошо согласуется с данными других работ<sup>/3/</sup>. Основываясь на такой оценке мы считаем, что примесь  $K^0$ -мезонов во всех событиях типа  $\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$  не превышает 4%.

Был оценен фон "случайного наложения" - когда  $V^0$ -частица, относящаяся к одному взаимодействию, из-за большого числа событий на кадре ( $\geq 4$ ) и погрешностей измерений может быть идентифицирована и отнесена к другому взаимодействию. Дополнительный просмотр и измерения 2500 событий с одной и двумя  $V^0$ -частицами показали, что фон "случайного наложения"  $\leq 0,2\%$ <sup>x/</sup>.

Наконец, был рассмотрен фон, вызванный вакуумной регенерацией  $K^0$ -мезонов, т.е. процессами типа



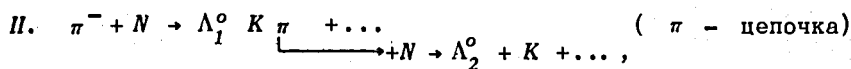
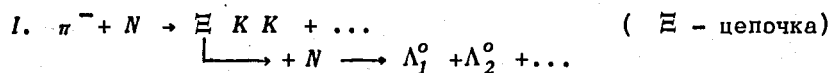
<sup>x/</sup> События типа " $\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$ " были специально просмотрены, и не было найдено ни одного другого взаимодействия (включая нейтральные звезды), к которому может быть отнесен хотя бы один из  $\Lambda^0$ -гиперонов.

При этом необходимо, чтобы взаимодействие Б "не наблюдалось" (т.е. не сопровождалось образованием вторичных заряженных частиц), а  $\Lambda_2^0$ -гиперон мог быть идентифицирован как относящийся к взаимодействию А.

На основании экспериментальных данных по образованию  $\Lambda^0 K^0$ -пар (импульсные распределения  $K^0$ -мезонов, сечения их взаимодействия, длины пролета до распада) было оценено число событий типа " $\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$ ", обусловленных вакуумной регенерацией  $K^0$ -мезонов. Оказалось, что вклад подобных взаимодействий мал ( $\approx 3\%$ ). Все вышперечисленное позволяет считать, что в событиях типа " $\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$ ":

- 1) оба  $\Lambda^0$ -гиперона образовались в одном ядре;
- 2) доля  $K^0$ -мезонов не превышает 4%.

Рассмотрим теперь возможные механизмы образования двух  $\Lambda^0$ -гиперонов при взаимодействии  $\pi^-$ -мезонов с ядрами углерода. Такие события могут образоваться в результате каскадных процессов типа:



происходящих в ядре углерода.

На основании данных по рождению  $\Xi^-$ -гиперонов в  $\pi^- p$ -взаимодействиях при  $P_\pi^- = 5 \text{ ГэВ/с}^{1/4}$ , а также данных о взаимодействии  $\Xi^-$ -гиперонов с нуклонами ядер  $^{15}/$  мы оценили количество событий " $\pi^- + C \rightarrow \Lambda^0 + \Lambda^0 + \dots$ ", обусловленное каскадными процессами типа I ( $\Xi$ -цепочка).

Затем, используя значения сечений реакций  $\pi^- p \rightarrow Y K + \dots$  (где  $Y = \Lambda^0, \Sigma, Y^*, \dots$ ) в интервале импульсов  $\pi^-$ -мезонов (1,5+4,2)  $\text{ГэВ/с}^{1/8}$ , мы оценили ожидаемое число событий " $\pi^- + C \rightarrow \Lambda^0 + \Lambda^0 + \dots$ ", вызванных каскадными процессами типа II ( $\pi$ -цепочка). Это число было отнормировано по числу зарегистрированных событий в тех конечных состояниях, где вклад " $\Xi$ -цепочки" минимален ( $< 1$  события).

В таблице I представлены результаты наших оценок и соответствующие экспериментальные значения<sup>x/</sup>

Таблица I

№ пп	Конечные регистрируемые состояния	N ОЖИД. π-каскад с нормир.	N ОЖИД. Ξ каскад	N ОЖИД. полное	N экспе-рим. А+Б	xx/ σ мкб
1.	$\Lambda^0 \Lambda^0 K^0 K^0$	1	0,1	1,1	0	-
2.	$\Lambda^0 \Lambda^0 K^0 (0)$	4	0,2	4,2	1+1	$17,8 \pm 12,5$
3.	$\Lambda^0 \Lambda^0 K^0 K^+$	2	1	3	1+1	$17,8 \pm 12,5$
4.	$\Lambda^0 \Lambda^0 (+, 0)$	4	3	7	5+2	$21,3 \pm 8,0$
5.	$\Lambda^0 \Lambda^0 (+, +)$	4	1	5	1+1	$6,1 \pm 4,3$
6.	$\Lambda^0 \Lambda^0 (0, 0)$	4	0,5	4,5	12+7	$58,1 \pm 13,3$
	$\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$ полн.			25	20+12	$98,1 \pm 17,3$
7.	$\Lambda^0 K^0 K^0 \bar{K}^0$	0,5	-	0,5	1	$\geq 49,6$
8.	$\Lambda^0 K^0 K^0 (0)$	4	0,1	4,1	5	$85,0 \pm 38,1$
9.	$\Lambda^0 K^0 \bar{K}^0 K^+$	1	-	1	2	$33,9 \pm 24,0$
10.	$\Lambda^0 \Sigma^+ K^0 (0)$	1	-	1	1	$\geq 5,9$
11.	$\Lambda^0 \Sigma^- K^0 (0)$	2	-	2	0	-
12.	$\Lambda^0 K^0 K^0 K^-$	1	-	1	1	$\geq 17,0$
13.	$K^0 K^0 \bar{K}^0 \bar{K}^0$	0,1	-	0,1	0	-
14.	$K^0 K^0 \bar{K}^0 (0)$	1	-	1	1	$\geq 32,2$

ОБОЗНАЧЕНИЯ: (0) - не зарегистрирован  $K^0$ -мезон; (+0) - не зарегистрированы  $K^+$ - и  $K^0$ -мезоны, но в событии есть неидентифицированный треk положительно заряженной частицы, которая может быть  $K^+$ -мезоном; (+,+) - не зарегистрировано два  $K^+$ -мезона, но в событии есть два неидентифицированных трека положительно заряженных частиц, которые могут быть  $K^+$ -мезонами; (0,0) - не зарегистрировано два  $K^0$ -мезона.

<sup>x/</sup> Оценка числа каскадных взаимодействий, вызванных примесью  $K^-$ -мезонов в пучке π, показала, что доля таких взаимодействий в событиях типа " $\Lambda^0 \Lambda^0 + \dots$ " не превышает 3%.

<sup>xx/</sup> При вычислении сечений: 1) не вводилось поправки на незарегистрированные частицы; 2) указаны только статистические погрешности; 3)  $\sigma_0 = 0,744$  мкб/событие (без учета эффективности регистрации).

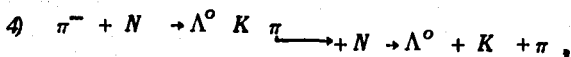
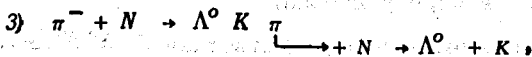
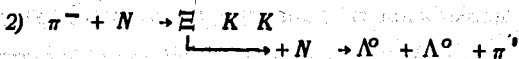
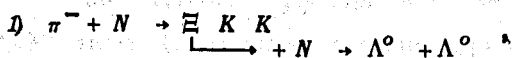
Величины  $N_{\text{ожд.}}$  для  $\pi^-$  и  $\Xi^-$ -цепочек оценивались также по формуле (20) работы [7]. Полученные значения хорошо согласуются с приведенными в таблице 1.

Кроме того, нами была проведена  $\chi^2$  оценка данных таблицы 1. Для всех конечных состояний, за исключением " $\Lambda^0 \Lambda^0 (0,0)+\dots$ ", мы получили  $\chi^2 = 13,3$  при ожидаемом 13. Если взять  $N=0,5, 1,5$  и  $2 N_{\text{ожд.}}$ , то значения  $\chi^2$  равны 6, 53 и 97 соответственно. Все это, как нам кажется, свидетельствует об определенной надежности полученных нами оценок  $N_{\text{ожд.}}$  (табл. 1).

Таким образом, приведенные в таблице 1 результаты прежде всего показывают, что процессы с образованием четырех странных частиц в " $\pi^-$ -углерод" взаимодействиях при энергии в несколько Гэв имеют заметные сечения, большинство из которых впервые измерено в данной работе.

Обращает на себя внимание некоторый избыток ( $\approx 3$  стандартных отклонения) количества событий " $\Lambda^0 \Lambda^0 (0,0)+\dots$ " по сравнению с ожидаемым числом конечных состояний подобного типа.

Возможность объяснения этого явления за счёт таких процессов как:



по-видимому, может быть исключена.

Действительно, как показало моделирование реакций (1-4), выполненное с помощью программы FOWL, угол разлета  $\Lambda^0$ -гиперонов в реакции (1) заключен в пределах  $\Theta_{\Lambda\Lambda} = 60-90^\circ$ , тогда как большинство зарегистрированных событий типа " $\Lambda^0 \Lambda^0(0,0)+..$ " имеют  $\Theta_{\Lambda\Lambda} < 60^\circ$ ; кроме того, расчётные распределения эффективных масс  $M_{\Lambda\Lambda}$  в реакциях (1-4) заметно отличаются от аналогичного распределения для зарегистрированных событий (см. рис. 1). Укажем, наконец, что сечения реакций (1-4), по нашим оценкам, слишком малы, чтобы объяснить наблюдаемый избыток " $\Lambda^0 \Lambda^0(0,0)+..$ " событий (см. таблицу 1).

Одно из возможных объяснений этого явления состоит в том, что происходит взаимодействие налетающего  $\pi^-$ -мезона с нуклонным кластером в ядре углерода, приводящее к образованию либо долгоживущего мезона, либо осколка ядра со странностью  $S = +2$ ; реакция  $5) \pi^- + d \rightarrow \Lambda^0 + \Lambda^0 + X$  является примером подобного взаимодействия.

На рис. 2 представлено распределение по величине  $MM_d$  для зарегистрированных " $\Lambda^0 \Lambda^0$ ..." событий, вычисленной в предположении, что  $\Lambda^0$ -гипероны образуются в реакции (5); как видно из рисунка, наблюдается некоторая концентрация событий в области масс 1,9-2,1 Гэв. Кривая (5) на рис. 1 соответствует распределению  $M_{\Lambda\Lambda}$ , рассчитанному для реакции  $\pi^- d \rightarrow \Lambda^0 + \Lambda^0 + X$  при  $M_X = 1,9-2,1$  Гэв.

Наличие избыточного (по сравнению с ожидаемым) числа " $\Lambda^0 \Lambda^0(0,0) + ...$ " событий вместе с результатами, представленными на рис. 1 и 2, не противоречат, на наш взгляд, возможности образования долгоживущего нейтрального мезона с  $M \approx (1,9-2,1)$  Гэв и  $S = +2$  при взаимодействии  $\pi^-$ -мезона с "квазидейтоном" в ядре углерода.

В настоящее время продолжается набор статистики " $\Lambda^0 \Lambda^0 + ...$ " событий, а также изучение " $\Lambda^0 \Sigma^\pm + ...$ " конечных состояний.



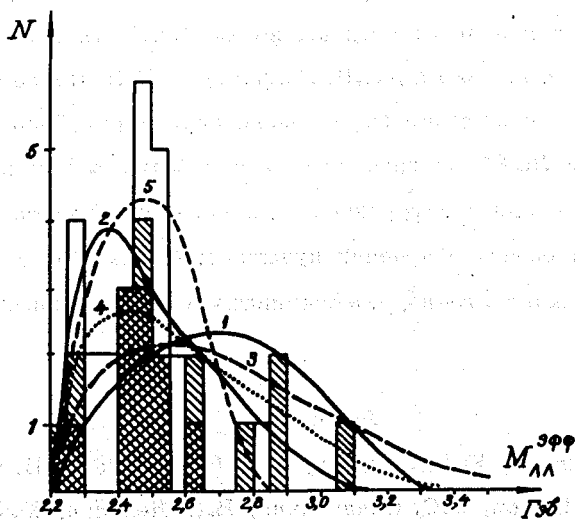


Рис. 1. Спектр эффективных масс двух  $\Lambda^0$ -гиперонов.  $\square$  события типа " $\Lambda^0\Lambda^0(0,0)$ " с  $\Theta_{\Lambda\Lambda} < 60^\circ$ ,  $\square$  события типа " $\Lambda^0\Lambda^0(0,0)$  с  $\Theta_{\Lambda\Lambda} > 60^\circ$ ,  $\square$  остальные события. Кривые соответствуют моделированным реакциям (1-5) (не нормированы).

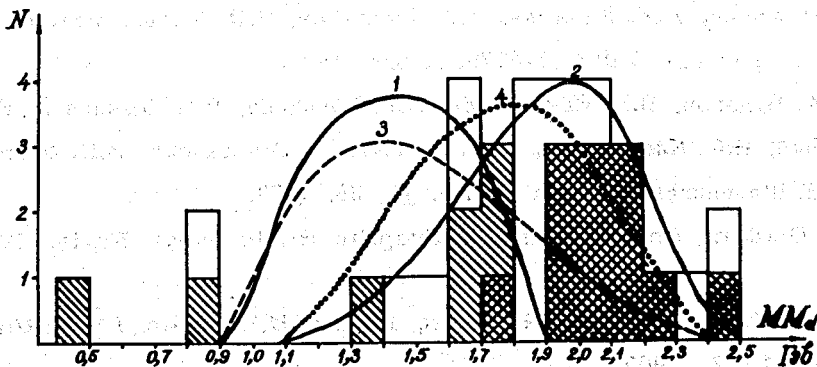


Рис. 2. Спектр недостающих масс  $MM_d$  к двум зарегистрированным  $\Lambda^0$ -гиперонам, полученный в предположении, что  $\Lambda^0$ -гипероны образовались в реакции  $\pi^- + d \rightarrow \Lambda^0 + \Lambda^0 + MM_d$ .  $\square$  - события типа " $\Lambda^0\Lambda^0(0,0)$ " с  $\Theta_{\Lambda\Lambda} < 60^\circ$ ,  $\square$  - события типа " $\Lambda^0\Lambda^0(0,0)$ " с  $\Theta_{\Lambda\Lambda} \geq 60^\circ$ ,  $\square$  - остальные события.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Б.М. Понтекорво, С.М. Биленькому, Л.И. Лapidусу и М.И. Подгорецкому за полезные замечания и обсуждения, а также благодарят большую группу лаборантов ЛЯП и ЛВТА за измерения и обработку экспериментальных данных. Авторы признательны сотрудникам отдела синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ, обеспечившим режим облучения пузырьковой камеры, а также сотрудникам издательского отдела, обеспечившим своевременный выпуск данной работы.

#### Литература

1. А.В. Богомолов, Ю.А. Будагов, А.Т. Василенко, В.П. Джелепов, Н.И. Дьяков, В.Г. Иванов, В.С. Кладницкий, В.И. Лепилов, Ю.Ф. Ломакин, В.И. В.И. Москалев, В.Б. Флягин, Т.И. Шетет, П.В. Шляпников. ПТЭ, 1, 61, 1964.
2. В.С. Кладницкий, В.Б. Флягин. Препринт ОИЯИ, 1501, Дубна, 1964.
3. М.Р. Атаян, Ж.К. Карамян, А.А. Кузнецов, Н.И. Мельникова, Б. Чадраа. Препринт ОИЯИ, 1-3779, Дубна, 1968.
4. Ю.А. Будагов, В.Б. Виноградов, А.Г. Володько, В.П. Джелепов, В.Ф. Душенко, В.С. Кладницкий, Ю.Ф. Ломакин, Г. Мартинска, В.Б. Флягин, П.В. Шляпников. Письма ЖЭТФ, 11, 28, 1970.
5. G. Boutang and P. Beilliere. Preprint Ecole Polyt. Paris, 1969.
6. O.I. Dahl, L.M. Hardy, R.I. Hess, J. Kirz, D.H. Miller. Phys. Rev., 163, 1377, 1967.
7. Л.И. Лapidус, А.В. Тарасов, Ч. Цэрэн. Препринт ОИЯИ, P2-5028, Дубна, 1970.
8. F. James. FOWL CERN Program Library w. 505.

Рукопись поступила в издательский отдел

5 июля 1971 года.

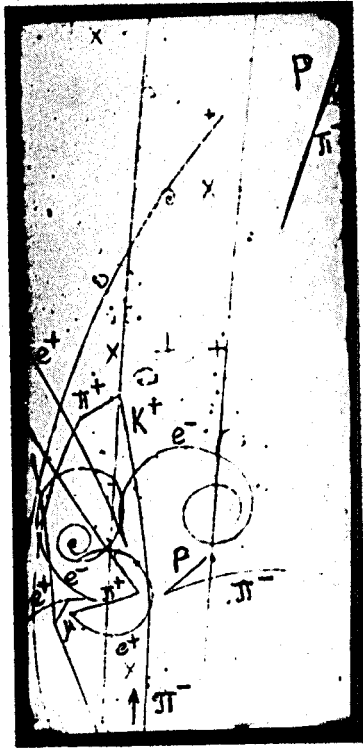


Рис. 3. Рождение 4-х странных частиц в  $\pi^- C$  -столкновении:

