

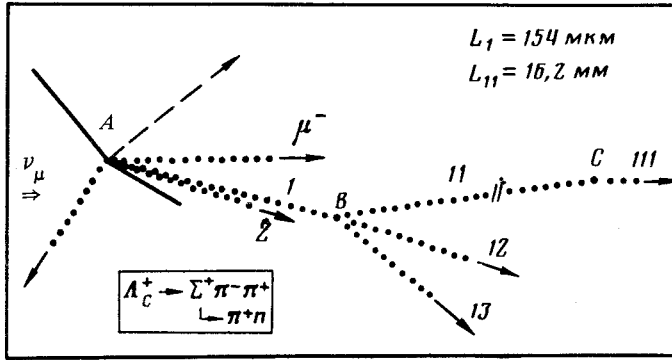
**НАБЛЮДЕНИЕ В ЯДЕРНОЙ ФОТОЭМУЛЬСИИ  
РАСПАДА ОЧАРОВАННОГО  $\Sigma_c^0$  БАРИОНА НА  $\Lambda_c^+ \pi^-$   
С ПОСЛЕДУЮЩИМ РАСПАДОМ  $\Lambda_c^+$  НА  $\Sigma^+ \pi^- \pi^+$**

*Р.Аммар<sup>1)</sup>, В.В.Аммосов<sup>2)</sup>, А.Бакич<sup>3)</sup>, В.И.Баранов<sup>2)</sup>, Т.Барнет<sup>4)</sup>,  
Ю.А.Батусов<sup>5)</sup>, С.А.Бунятов<sup>5)</sup>, А.О.Вайсенберг<sup>6)</sup>, Р.Вилкс<sup>4)</sup>,  
Б.Вильчинска<sup>7)</sup>, Г.Вильчински<sup>7)</sup>, Л.Войводик<sup>8)</sup>, В.Волтер<sup>7)</sup>, Б.Войсек<sup>7)</sup>,  
В.А.Гапиенко<sup>2)</sup>, П.А.Горичев<sup>6)</sup>, Дж.Грэсс<sup>1)</sup>, М.И.Дайон<sup>9)</sup>, Р. Дэйвис<sup>1)</sup>,  
О.К.Егоров<sup>6)</sup>, М.Иванова<sup>10)</sup>, Н.Квак<sup>1)</sup>, В.И.Клюхин<sup>2)</sup>, Э.Д.Колганова<sup>6)</sup>,  
Д.Коптадж<sup>1)</sup>, В.И.Корешев<sup>2)</sup>, С.Крживджински<sup>4)</sup>, О.М.Кузнецов<sup>5)</sup>,  
Дж.Лорд<sup>4)</sup>, В.В.Люков<sup>5)</sup>, И.В.Махлюева<sup>6)</sup>, А.Ольшевски<sup>7)</sup>, Л.Пик<sup>3)</sup>,  
П.В.Питухин<sup>2)</sup>, Е.А.Пожарова<sup>6)</sup>, Р.Раймер<sup>1)</sup>, Р.Розенбладт<sup>4)</sup>, Г.Рубин<sup>11)</sup>,  
В.И.Сиротенко<sup>2)</sup>, Е.А.Слободюк<sup>2)</sup>, В.Смарт<sup>8)</sup>, В.А.Смирнитский<sup>6)</sup>,  
Р.Стамп<sup>1)</sup>, В.И.Третьяк<sup>5)</sup>, Х.Чернев<sup>12)</sup>, В.В.Шаманов<sup>6)</sup>, В.Г.Шевченко<sup>6)</sup>,  
А.Юрак<sup>7)</sup>, В.А.Ярба<sup>2)</sup>*

Описан случай регистрации в нейтринном эксперименте с ядерной фотоэмульсией распада очарованного  $\Sigma_c^0$  бариона на  $\Lambda_c^+$  и  $\pi^-$ . Распад  $\Lambda_c^+$  бариона происходит по каналу  $\Lambda_c^+ \rightarrow \Sigma^+ \pi^- \pi^+$  с наблюдаемым последующим распадом  $\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ \pi^-$ . Значение массы  $\Lambda_c^+$  оказалось равным  $2,300 \pm 0,025$  ГэВ/ $c^2$ , а его распад происходит за время  $(3,13 \pm 0,02) \cdot 10^{-13}$  с. Масса  $\Sigma_c^0$  бариона и разность масс  $\Sigma_c^0$  и  $\Lambda_c^+$  равны соответственно  $2,462 \pm 0,026$  ГэВ/ $c^2$  и  $0,163 \pm 0,002$  ГэВ/ $c^2$ .

- 1) Канзасский Университет, Лоуренс, США.  
2) ИФВЭ, Серпухов, СССР.  
3) Сиднейский Университет, Сидней, Австралия.  
4) Вашингтонский Университет, Сиэтл, США.  
5) ОИЯИ, Дубна, СССР.  
6) ИТЭФ, Москва, СССР.  
7) ИЯФ, Краков, ПНР.  
8) ФНАЛ, Батавия, США.  
9) ФИАН, Москва, СССР.  
10) Пловдивский Университет, Пловдив, НРБ.  
11) ИИТ, Чикаго, США.  
12) ИЯНИЯЭ, София, НРБ.

В настоящей работе приведены результаты анализа одного из распадов короткоживущих частиц, зарегистрированного в эксперименте <sup>1</sup> с ядерной фотоэмульсией, помещенной в рабочий объем 15 футовой пузырьковой камеры (ПК). Эмульсия экспонировалась в широкополосном нейтринном пучке ускорителя ФНАЛ. Описываемый ниже распад был найден в одном из  $\sim 150$  зарегистрированных к настоящему времени нейтринных взаимодействий, идущих через заряженный ток (мюон в событии идентифицировался кинематическим методом <sup>2</sup>). Анализ других найденных в этом эксперименте распадов короткоживущих частиц и описание самого эксперимента представлено в предыдущих публикациях <sup>1, 3</sup>.



Схематическое изображение события в эмульсии

### Распад заряженной частицы на расстоянии 154 мкм

Схематическое изображение события в эмульсии показано на рисунке. Релятивистский трек 1 из первичной вершины *A* образует вторичную вершину *B* из трех релятивистских треков: 11, 12, 13. Два трека (12 и 13) выходят из эмульсии в ПК. На треке 11 через  $\sim 1,6$  см от вершины *B* в эмульсии был обнаружен излом на угол  $\sim 26^\circ$  (вершина *C*). После излома трека 11, трек 111, являющийся его продолжением, выходит в ПК. Для всех выходящих из эмульсии в ПК треков по измерениям фотоснимков были определены импульсы и знаки зарядов соответствующих им частиц. При определении импульсов учитывались ионизационные потери в эмульсии и в стенке эмульсионного контейнера. Информация о треках, относящаяся к вершинам *B* и *C*, представлена в табл. 1.

Перпендикулярная составляющая суммарного импульса частиц 12 и 13 к плоскости, образованной треками 1 и 11, равна  $0,002 \pm 0,019$  ГэВ/с. Компланарность векторов частиц 1 и 11 с вектором суммарного импульса частиц 12 и 13 позволяет сделать вывод об отсутствии нейтральных частиц среди продуктов предполагаемого распада частицы 1.

С помощью кинематических уравнений баланса импульсов четырех частиц в вершине *B* был оценен импульс частицы 11 (1-С фит с  $\chi^2 = 0,02$ ), который оказался равным  $1,77 \pm 0,05$  ГэВ/с. Для идентификации частиц 11 и 111 была измерена ионизация на их треках, располагавшихся в одних и тех же эмульсионных слоях. Методом отношения ионизаций <sup>3</sup> они были однозначно идентифицированы соответственно как  $\Sigma^+$ -гиперон и  $\pi^+$ -мезон (измеренное отношение ионизаций на этих треках  $g_{11}/g_{111} = 1,15 \pm 0,03$  хорошо согласуется с ожидаемым из ионизационных кривых отношением  $g_\Sigma^*/g_\pi^* = 1,17 \pm 0,02$ , в то время как для ближайшей альтернативной гипотезы "*p*,  $\pi$ " для частиц 11 и 111 это отношение должно было равняться  $g_p^*/g_\pi^* = 1,07 \pm 0,01$ ). При идентификации частицы 11 как  $\Sigma^+$ , оценка величины  $R\beta$  по рассеянию в эмульсии для этой частицы согласуется с величиной ее импульса, определенной с помощью кинематических уравнений баланса импульсов в вершине *B*. Вероятной интерпретацией излома на треке 11 является гипотеза распада  $\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ n$ . Импульс пиона, оцененный из кинематики этого распада, должен равняться  $0,417 \pm 0,004$  ГэВ/с, что находится в согласии с величиной импульса частицы 111, измеренной в ПК ( $0,429 \pm 0,017$  ГэВ/с). Время до распада зарегистрированного  $\Sigma^+$ -гиперона составляет  $\sim 0,4 \cdot 10^{-10}$  с. Табличное значение времени жизни  $\Sigma^+$ -гиперона равно  $(0,800 \pm 0,004) \cdot 10^{-10}$  с <sup>4</sup>.

Характеристики треков в вершинных распадах

Вершина	Номер трека	Измерения в импульсии			$P \beta$ (ГэВ/c)	импульс (ГэВ/c)	Измерения в ПК		массовые гипотезы	(предсказ — измерено)	
		азимут. угол $\varphi^\circ$	угол погружения $\lambda^\circ$	заряд			характеристика трека <sup>1)</sup>	$\Delta\varphi^\circ$		$\Delta\lambda^\circ$	
B	1	-16,30 ± 0,00	3,97 ± 0,25								
	11	4,00 ± 0,07	12,01 ± 0,22	1,1 ± 0,5	1,77 ± 0,05 <sup>2)</sup>			Σ			
	12	-20,91 ± 0,05	-4,67 ± 0,22		1,12 ± 0,04		взм	π	1,2 ± 0,9	-0,4 ± 0,9	
	13	-41,89 ± 0,09	-0,51 ± 0,24		1,18 ± 0,04		вых	π, K	0,3 ± 1,1	2,1 ± 1,4	
C	11	4,00 ± 0,00	12,84 ± 0,23								
	111	-1,65 ± 0,04	-12,78 ± 0,19		0,43 ± 0,02		взм	π	0,7 ± 1,9	-0,3 ± 1,9	

1) "взм" — частица взаимодействует в ПК; "вых" — частица выходит из ПК не взаимодействуя.

2) Оценка импульса этой частицы была сделана по балансу поперечных импульсов в вершине B.

Таблица 2

Интерпретация вершин распада и первичной вершины

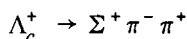
Интерпретация распада	угол с ν-пучком	распадная длина (мкм)	импульс (ГэВ/c)	время жизни (с · 10 <sup>13</sup> )	первичная вершина <sup>1)</sup>	E (ГэВ)	
						x	y
Σ <sub>c</sub> <sup>0</sup> → Λ <sub>c</sub> <sup>+</sup> π <sup>-</sup>	15,3°		4,1		νA → μ <sup>-</sup> Σ <sub>c</sub> <sup>0</sup> π 2b(X <sup>0</sup> ) A' ↓ Λ <sub>c</sub> <sup>+</sup> π <sup>-</sup>	59,2	0,13
Λ <sub>c</sub> <sup>+</sup> → Σ <sup>+</sup> π <sup>-</sup> π <sup>+</sup>	14,3°	154	3,7	3,13 ± 0,02			

1) b — испарительные частицы.

2) Видимая энергия нейтрино определялась как проекция суммарного импульса вторичных частиц на направление нейтринного пучка; x и y — стандартные скейлинговые переменные.

Для идентификации частиц 12 и 13 их треки и трек отрицательно заряженной не взаимодействующей в ПК частицы из первичной вершины с импульсом 54 ГэВ/с (трек  $\mu^-$ -мезона) были прослежены в двух эмульсионных слоях. На основе ионизационных измерений отрицательно заряженная частица 12 была однозначно идентифицирована как пион, а положительно заряженная частица 13 могла быть идентифицирована как пион или каон.

Имеющийся набор идентифицированных вторичных частиц в вершине  $B$  указывает на распад очарованного  $\Lambda_c^+$  бариона:



Кинематический двухвершинный 2-С фит (при  $\chi^2 = 0,53$ ): дает для массы распадающегося  $\Lambda_c^+$  бариона значение:

$$M = 2,300 \pm 0,025 \text{ ГэВ}/c^2,$$

хорошо согласующееся с табличным значением массы  $\Lambda_c^+$ . Импульс  $\Lambda_c^+$ , определенный с помощью кинематического 3-С фита (при  $\chi^2 = 1,02$ ), равняется  $3,744 \pm 0,013 \text{ ГэВ}/c$ . При этом импульсе пробег  $154 \pm 0,5 \text{ мкм}$  соответствует времени до распада:

$$\tau = (3,13 \pm 0,02) \cdot 10^{-13} \text{ с},$$

которое находится в согласии с табличным значением времени жизни  $\Lambda_c^+$ . До настоящего времени в литературе отсутствовали данные о распаде очарованного  $\Lambda_c^+$  на  $\Sigma^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^+$ .

### Каскадный распад очарованного $\Sigma_c^0$ бариона

В первичной вершине события имеется релятивистский трек (трек 2 на рисунке), выходящий под углом  $\sim 15^\circ$  к треку  $\Lambda_c^+$  бариона, принадлежащий отрицательно заряженной, взаимодействующей в ПК, частице с импульсом  $0,319 \pm 0,011 \text{ ГэВ}/c$ . На основе ионизационных измерений в эмульсии эта частица была однозначно идентифицирована как  $\pi^-$ -мезон. Эффективная масса пары частиц пиона и  $\Lambda_c^+$  бариона равна

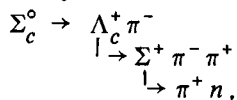
$$M_{\pi\Lambda} = 2,462 \pm 0,026 \text{ ГэВ}/c^2.$$

Разность этой массы и массы  $\Lambda_c^+$  составляет

$$\Delta M = 0,163 \pm 0,002 \text{ ГэВ}/c^2.$$

Полученные значения близки к ожидаемым  $M$  и  $\Delta M$  для очарованного  $\Sigma_c$  (2450)<sup>5</sup>, экспериментальные указания на существование которого были получены в ряде работ<sup>4</sup>.

Таким образом, зарегистрированное нами событие может быть интерпретировано как каскадный распад очарованного  $\Sigma_c^0$  бариона:



рожденного в нейтринном взаимодействии, идущем через заряженный ток. В табл. 2 представлена вероятная интерпретация вершины первичного нейтринного взаимодействия и его кинематические характеристики.

Авторы выражают благодарность Э.В.Глотовой за помощь при анализе события.

### Литература

1. Smart W. et al. Acta Phys. Polon., 1986, B17, p. 41.
2. Berge J.P. et al. Proc. of the Intern. Conf. on Neutrino Phys. and Neutrino Astrophys., Baksan valley, 1977, p. 180.
3. Войводик Л. и др., Москва, препринт ИТЭФ, 1985, № 97.
4. Review of particle properties, Rev. of Mod. Phys., 1984, 56, №2, part 2, p. 14, 288.
5. De Rujula A. et al. Phys. Rev., ser. D, 1975, 12, 147; Вайсенберг А.О. Москва, препринт ИТЭФ, 1982, № 2.