

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б 287

P1-87-511

Батусов Ю.А и др.
РЕЗОНАНСНОЕ РОЖДЕНИЕ Λ_c^+ -БАРИОНОВ
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ НЕЙТРИНО С ЯДРАМИ
В ФОТОЭМУЛЬСИИ

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1987

Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, О.М.Кузнецов, В.В.Люков,
В.И.Третьяк
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

П.А.Горичев, О.К.Егоров, Э.Д.Колганова, И.В.Махлюева,
Е.А.Пожарова, В.А.Смирнитский, В.В.Шаманов
Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва

В.В.Аммосов, В.И.Баранов, В.А.Гапиенко, В.И.Клюхин,
В.И.Корешев, П.В.Питухин, В.И.Сирогенко, Е.А.Слободюк
Институт физики высоких энергий, Серпухов

Б.Вильчинска, Г.Вильчински, В.Вольгер, Б.Войсек,
А.Ольшевски, А.Юрак
Институт ядерной физики, Краков

Х.Чернев
Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, София

М.Иванова
Пловдивский университет

Л.Войводик, В.Смарт
ФНАЛ, Братислава

Г.Рубин
ИИТ, Чикаго

Р.Аммар, Дж.Гресс, Р.Дэвис, Н.Квак, Д.Коппадж,
Р.Раймер, Р.Стампа
Канзасский университет, Лоуренс

Г.Барног, Р.Вилкс, С.Крживджински, Дж.Лорд,
Р.Розенблатт
Вашингтонский университет, Сиэтл

А.Бакич, Л.Пик
Сиднейский университет, Сидней

Существование очарованных $\Sigma_c(2450)$ -и $\Sigma_c(2510)$ -барионов не является надежно установленным экспериментальным фактом /1/. Очарованные Σ_c -резонансы должны, в основном, распадаться /2,3/ по сильному взаимодействию $\Sigma_c \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^\pm$, вклад радиационного канала распада невелик - $\lesssim 1\%$ /4/.

Приведенные в настоящей работе данные по образованию очарованных Λ_c^+ -барионов через резонансные Σ_c -состояния получены в эксперименте E-564 /5/. В этом эксперименте криогенно-чувствительная ядерная фотоэмульсия БР-2, помещенная в рабочий объем 15-дюймовой пузырьковой камеры ФНАЛ, облучалась в нейтринном пучке с широким спектром энергий, до 220 ГэВ. Анализ каждого из зарегистрированных распадов очарованных Λ_c^+ -барионов был описан ранее в работах /6/. Три из четырех событий с распадами Λ_c^+ -барионов допускали интерпретацию как возможное образование и распад $\Sigma_c^0(2450)$; $\Sigma_c^{*0}(2450)$; $\Sigma_c^{*0}(2510)$ -резонансов на $\Lambda_c^+ \pi^\pm$.

Распады очарованных барионов

Моды распада и характеристики зарегистрированных очарованных барионов приведены в таблице. Полученные в эксперименте значения времени жизни $\tau_{\Lambda_c^+} = (2,1_{-0,8}^{+1,5}) \cdot 10^{-13}$ с и массы $M_{\Lambda_c^+} = 2287 \pm 13$ МэВ/с² очарованного Λ_c^+ -бариона хорошо согласуются с усредненными данными других экспериментов /1/.

Для поиска резонансных Σ_c -состояний во взаимодействиях с рождением Λ_c^+ -барионов были вычислены эффективные массы Λ_c^+ -барионов с идентифицированными в событиях π^\pm -мезонами $M_{\Lambda_c^+ \pi^\pm}$

и разности масс $\Delta m = M_{\Lambda_c^+ \pi^+} - M_{\Lambda_c^+}$. На рисунке изображена идеограмма значений Δm I).

Таблица

Характеристики распада очарованных барионов

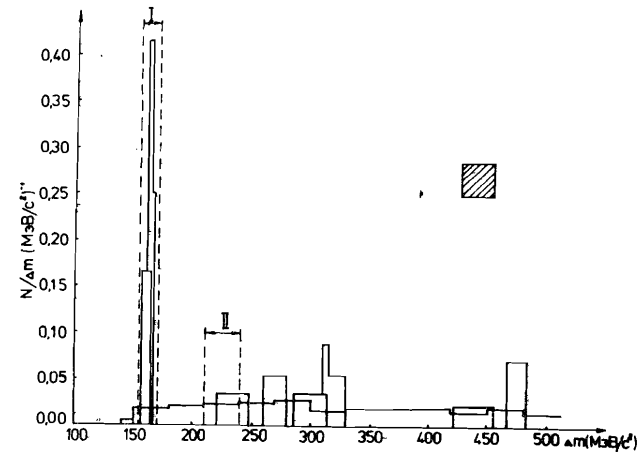
№ пп	Мода распада	Пробег до распада (мкм)	Импульс (ГэВ/с)	Время пролета до распада (10 ⁻¹³ с)	Масса (МэВ/с ²)	Разность масс (МэВ/с ²)
1.	$\Sigma_c^0(2450) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$		4,1			163±2
	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Sigma^+ \pi^+ \pi^-$	154	3,7	3,13±0,02	2300±25	
2.	$\Sigma_c^{++}(2450) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+$		6,4			160±3
	$\Lambda_c^+ \rightarrow p \pi^+ \pi^+$	147	5,9	1,90±0,07	2278±40	
3.	$\Sigma_c^{++}(2510) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+$		28,4			235±14
	$\Lambda_c^+ \rightarrow n \pi^+ \pi^+ \pi^+$	1150	24,1	3,64±0,35	2351±116	
4.	$\Lambda_c^+ \rightarrow p \pi^+ \pi^+$	2,1	3,8	0,04±0,01	2283±15	

Каждая разность масс Δm с ошибкой $\sigma_{\Delta m}$ на идеограмме изображена прямоугольником с основанием $2 \cdot \sigma_{\Delta m}$ и высотой $\frac{1}{2 \cdot \sigma_{\Delta m}}$. Площадь каждого из прямоугольников соответствует площади единичного заштрихованного квадрата, показанного на рисунке. Идеограмма позволяет представить распределение разности масс Δm с учетом ошибок измерений, что особенно важно, когда эти ошибки существенно различаются. Исследование разности масс $M_{\Lambda_c^+ \pi^+}$ и $M_{\Lambda_c^+}$ для

I) Несколько значений Δm лежат в области $\sim 1-2$ ГэВ/с² и при последующем анализе не учитывались.

поиска Σ_c -состояний предпочтительней изучения абсолютных значений массы $M_{\Lambda_c^+ \pi^+}$. Из-за корреляции ошибок в массах $M_{\Lambda_c^+ \pi^+}$ и $M_{\Lambda_c^+}$ абсолютная ошибка в разности масс меньше ошибки в массе $M_{\Lambda_c^+ \pi^+}$.

Предсказываемые в теоретических работах [2,3] разности масс между барионными состояниями из триплета $\Sigma_c(2450)$ и Λ_c^+ -барионом равны 159-166 МэВ/с², а между барионными состояниями из триплета $\Sigma_c(2510)$ и Λ_c^+ -барионом - 220-229 МэВ/с². Вычисленные в работах [2,4] ширины $\Sigma_c(2450)$ и $\Sigma_c(2510)$ составляют



Идеограмма для разности масс $\Delta m = M_{\Lambda_c^+ \pi^+} - M_{\Lambda_c^+}$; по оси ординат отложено число событий в интервале 1 МэВ/с². Области I (156 - 169 МэВ/с²) и II (210 - 239 МэВ/с²) соответствуют теоретически предсказываемым разностям масс $M_{\Sigma_c(2450)} - M_{\Lambda_c^+}$ и $M_{\Sigma_c(2510)} - M_{\Lambda_c^+}$ соответственно с учетом ширины Σ_c -резонансов. Заштрихованный квадрат соответствует одному событию.

~ 5 МэВ и ~ 20 МэВ соответственно. На рисунке в области I, соответствующей теоретически ожидаемой разности масс $\Sigma_c(2450)$ и Λ_c^+ имеются две хорошо измеренные разности масс Δm из событий I и 2. Другие значения лежат по величине Δm намного дальше. Немногочисленные экспериментальные данные ^{/3/} (9 событий) также указывают для значения разности масс $\Sigma_c(2450)$ и Λ_c^+ на величину $\Delta m \sim 159-177$ МэВ/с². Событие I интерпретируется как распад $\Sigma_c^0(2450) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ со значением разности масс 163 ± 2 МэВ/с², а событие 2 — как распад $\Sigma_c^{*+}(2450) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+$ со значением разности масс 160 ± 3 МэВ/с². В области II на рисунке есть указание на распад $\Sigma_c^{*+}(2510) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+$ с $\Delta m = 235 \pm 14$ МэВ/с² (событие 3). Фон для распадов $\Sigma_c \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^\pm$ рассчитывался исходя из числа событий, ожидаемых в областях I ($156-169$ МэВ/с²) и II ($210-239$ МэВ/с²), соответствующих разностям масс между Σ_c - и Λ_c^+ -барионами. Для оценки ожидаемого числа событий в областях I и II было вычислено распределение по Δm для Λ_c^+ -барионов с ливневыми частицами (в предположении, что это π -мезоны) из найденных в эксперименте нейтринных взаимодействий. При расчете отбирались взаимодействия со значением инвариантной массы адронной системы W , соответствующим среднему значению W в событиях с образованием Λ_c^+ . Полученное распределение нормировалось в интервале разностей масс $250 \text{ МэВ/с}^2 \leq \Delta m \leq 500 \text{ МэВ/с}^2$ на аналогичное распределение для четырех событий с образованием Λ_c^+ -барионов (см. рисунок) и экстраполировалось в область $\Delta m < 250 \text{ МэВ/с}^2$. Нормированное распределение приведено на рисунке непрерывной ступенчатой линией. Оценка числа событий, ожидаемых в области разностей масс Σ_c - и Λ_c^+ -барионов приводит к следующему уровню фона: для $\Sigma_c^{*+}(2510)$ $0,41 \pm 0,19$, для $\Sigma_c^{*+}(2450)$ $0,13 \pm 0,06$, для $\Sigma_c^0(2450)$ $0,10 \pm 0,04$ события. Суммарная величина фона составляет $0,7 \pm 0,2$ события.

Усредненное значение массы ²⁾ $\Sigma_c(2450)$ -состояний по двум зарегистрированным событиям составляет 2455 ± 22 МэВ/с², а разность масс $\Sigma_c(2450)$ и Λ_c^+ — 162 ± 2 МэВ/с².

Полученные данные позволяют оценить соотношение между "прямым" образованием Λ_c^+ и образованием через Σ_c -резонансы:

$$R_{\Lambda_c^+} = \frac{\Sigma_c \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^\pm}{\text{вс } \Lambda_c^+} = 0,58_{-0,22}^{+0,17}$$

Этот результат является указанием на то, что в нейтринных взаимодействиях значительная часть Λ_c^+ -барионов может образоваться через Σ_c -резонансы. Теоретические оценки величины $R_{\Lambda_c^+}$, без учета особенностей динамики образования очарованных барионов, дают значение $R_{\Lambda_c^+}$, равное $0,6$ ^{/2,3/}. Как видно, теоретическое значение согласуется с результатом, полученным в нашем эксперименте. Последнее указывает на то, что динамика образования очарованных барионов, по-видимому, существенно не нарушает соотношения между относительным образованием Λ_c^+ и Σ_c -барионов, оцененным только из соображений зарядовой независимости и спиновой статистики.

В заключение следует отметить, что зарегистрированные в нашем эксперименте нейтринные взаимодействия с рождением очарованных барионов существенно отличаются по величине квадрата переданного четырехимпульса Q^2 от событий с образованием очарованных D-мезонов. Средняя величина Q^2 во взаимодействиях с рождением очарованных барионов составляет ~ 4 (ГэВ/с)², в то время как в событиях с D-мезонами $\langle Q^2 \rangle \sim 19$ (ГэВ/с)². В рамках партонной модели образование очарованных барионов наиболее вероятно при слиянии партонных нуклонного остатка и рожденного c-кварка. Это приводит ^{/8/} к ограничению по Q^2 ($Q^2 < M_{\Lambda_c^+}$), что и наблюдается в эксперименте.

2) Разница масс внутри Σ_c -мультиплетов оценивалась в ряде работ ^{/7/} и составляет в среднем величину порядка нескольких МэВ.

Литература

1. Aguilar-Benitez M. et al. Phys.Lett., 1986, 170B,
Review of Particle Properties.
2. De Rujula A., Georgy H., Glashow S.L. Phys.Rev., 1975, D12, 147.
3. Lee B.W., Quigg G., Rosner J. Phys.Rev., 1977, D15, 157.
4. Izatt D., Detar C., Stephenson M. Nucl.Phys., 1982, B199, 269.
5. Smart W. et al. Acta Phys.Polon., 1986, B17, 41.
6. Бунятов С.А. и др. Сообщение ОИЯИ, 1982, ДИ-82-471, Дубна;
Аммар Р. и др. ЯФ, 1986, 44, 649;
Аммар Р. и др. Письма в ЖЭТФ, 1986, 43, 401;
Батусов Ю.А. и др. Препринт ОИЯИ, 1987, ПИ-87-308, Дубна.
7. Iichtenberg D.B. Phys.Rev., 1977, D15, 231
и ссылки к этой работе.
8. Коноплич Р.В., Кребс А.Б., Никитин Ю.П. ЯФ, 1980, 31, 713;
Коноплич Р.В., Кребс А.Б., Никитин Ю.П., В сб.: Элементарные
частицы и космические лучи. М., Атомиздат, 1980, с.134.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июля 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтрон- ной физике. Дубна, 1982.	5 р.00 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проб- лемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проб- лемам математического моделирования, про- граммированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналити- ческим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускоре- телям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 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

Батусов Ю.А. и др. P1-87-511
Резонансное рождение Λ_c^+ -барионов
во взаимодействиях нейтрино с ядрами в фотоэмульсии

Показано, что в нейтринных взаимодействиях значительная часть $(0,58^{+0,17}_{-0,22})$ очарованных Λ_c^+ -барионов может рождаться через распады Σ_c -резонансов. Три из четырех зарегистрированных событий с рождением Λ_c^+ интерпретируются как образование и распад очарованных $\Sigma_c^0(2450)^-$, $\Sigma_c^{++}(2450)^-$ и $\Sigma_c^{++}(2510)^-$ -резонансов по каналу $\Lambda_c^+\pi^+$. Среднее значение разности масс $\Sigma_c(2450)$ и Λ_c^+ составляет 162 ± 2 МэВ/с².

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Batusov Yu.A. et al. P1-87-511
 Λ_c^+ Baryon Resonance Production in Neutrino
Interactions with Nuclei in Photoemulsion

It is shown that in neutrino interactions a considerable part $(0.58^{+0.17}_{-0.22})$ of charmed Λ_c^+ baryons can be produced via decays of charmed Σ_c resonances. Three of four detected events with the production of Λ_c^+ are interpreted as production and decay of charmed $\Sigma_c^0(2450)^-$, $\Sigma_c^{++}(2450)^-$ and $\Sigma_c^{++}(2510)^-$ -resonances via the $\Lambda_c^+\pi^+$ channel. The average value of the mass difference $\Sigma_c(2450)$ and Λ_c^+ equals 162 ± 2 MeV/c².

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987