

8
Д-40
563



Л.П. Джанелидзе, Д.К. Копылова, Ю.Б. Королевич, Н.И. Костанашвили,
К.В. Мандрицкая, Н.И. Петухова, М.И. Подгоренский,
Д.Тувдендорж, О.А. Шахулашвили, Чжен Пу-ин

P-563

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ГИПЕРОНОВ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 9 БЭВ
С ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ

ЖЭТФ, 1960, т.39, в.5, с.1237-1241.

P-563

Л.П. Джанелидзе, Д.К. Копылова, Ю.Б. Королевич, Н.И. Костанашвили,^{х/}
К.В. Мандрицкая, Н.И. Петухова, М.И. Подгорецкий,
Д. Тувдендорж, О.А. Шахулашвили,^{х/} Чжен Пу-ин

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ГИПЕРОНОВ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 9 БЭВ
С ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ

Направлено в ЖЭТФ.

^{х/} Институт физики АН СССР, Тбилисский государственный университет
им. Сталина.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

419/6 нр.

А н н о т а ц и я

Изучалось угловое распределение π^\pm -мезонов от распада Σ^\pm -гиперонов, образованных при взаимодействии протонов с энергией 9 Бэв с ядрами фотоэмульсии. Получена оценка знакового состава образующихся гиперонов. Оценено значение сечения генерации заряженных гиперонов на ядрах эмульсии.

L. P. Janelidze, D. K. Kopilova, Ju. B. Korolevich, N. I. Kostanashvili, K. V. Mandritskaja,
N. I. Petukhova, M. I. Podgoretsky, D. Tuvdendorge, O. A. Shakhulashvili, Jen Pu-in

1. Условия эксперимента

В работе были использованы две эмульсионные камеры, размером $10 \times 10 \times 6 \text{ см}^3$ /камера 1 / и $10 \times 15 \times 4 \text{ см}^3$ /камера 2 /, собранные из слоев эмульсии типа "БР-400, НИКФИ". Камеры облучались в пучке протонов с энергией 9 Бэв синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий. Предполагалось исследовать, в частности, угловые распределения продуктов распада заряженных гиперонов; поэтому главное внимание было уделено методу поиска гиперонов по возможности свободного от какой-либо экспериментальной выборки, а также тщательности идентификации найденных случаев распада. В связи с этим, поиск гиперонов проводился при продолжении следов в звездах, образованных первичными протонами. Регистрировались случаи распада частиц на лету на одну релятивистскую частицу. Найденные таким образом случаи могут быть распадами на лету Σ^\pm -гиперонов или K^\pm -мезонов, причем из-за большого различия между временами жизни этих частиц примесь K -мезонов должна быть крайне незначительной.

Окончательная идентификация распадающейся частицы проводилась на основании измерений многократного рассеяния и ионизации. Подлежащие продолжению лучи звезд, образованных первичными протонами, удовлетворяли определенным энергетическим и геометрическим условиям. Эти условия, а также детали поиска и идентификации гиперонов, распадающихся на лету по схеме $\Sigma^\pm \rightarrow \pi^\pm + n$, приведены в работе [1].

Вся процедура поиска и обработки была одинаковой для камер 1 и 2, за тем лишь исключением, что в камере 1 отбирались первичные звезды с $\sqrt{N} \geq 10$, а в камере 2 - независимо от числа лучей в звезде.

Всего было найдено 76 случаев распада Σ^\pm -гиперонов на лету по схеме $\Sigma^\pm \rightarrow \pi^\pm + n$, причем в камере 1 было найдено 33 и в камере 2 - 43 случая^{x/}.

^{x/} Камера 1 просматривалась в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, камера 2 - в Институте Физики АН Грузинской ССР и Тбилисском Государственном Университете.

11. Результаты

1. Угловое распределение продуктов распада Σ^\pm -гиперонов

В работе [2] была подчеркнута важность изучения продольной асимметрии в угловом распределении \mathcal{K} -мезонов, образующихся при распаде гиперонов. Как уже сообщалось в [1], нами была предпринята попытка уточнения данных по угловому распределению \mathcal{K}^\pm -мезонов от распада Σ^\pm -гиперонов. Полученное угловое распределение в системе покоя гиперона относительно направления его движения показано на рис. 1. Если аппроксимировать распределение выражением $1 + a \cos \theta^*$, то коэффициент асимметрии оказывается равным:

$$a \equiv \mathcal{A} \bar{P}_z = \frac{3}{N} \sum_{i=1}^N \cos \theta_i^* \pm \left(\frac{3-a^2}{N} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,03 \pm 0,2,$$

где \mathcal{A} - коэффициент асимметрии при полной поляризации гиперонов, \bar{P}_z - компонента вектора средней поляризации Σ -гиперона вдоль направления его движения, θ_i^* - угол между направлением полета гиперона и \mathcal{K} -мезона в системе покоя гиперона и N - число наблюдавшихся гиперонов.

Исследовалось также угловое распределение \mathcal{K} -мезонов относительно плоскости рождения Σ -гиперонов. Нормаль к плоскости рождения определялась векторным произведением $[\vec{P} \times \vec{\Sigma}]$, где \vec{P} и $\vec{\Sigma}$ - единичные векторы, направление которых совпадает с направлением движения пучкового протона и гиперона соответственно, а "верх" и "низ" относительно этой плоскости определялись по знаку смешанного произведения $[\vec{P} \times \vec{\Sigma}] \cdot \vec{\mathcal{K}}$.

Коэффициент асимметрии этого распределения

$$b = 2 \frac{N_{\text{верх}} - N_{\text{низ}}}{N_{\text{верх}} + N_{\text{низ}}} = 0,36 \pm 0,22.$$

2. Угловое и энергетическое распределения Σ^{\pm} - гиперонов

Для построения углового и энергетического распределения Σ^{\pm} -гиперонов были введены две поправки. Первая из них учитывала гипероны, которые распадаются за пределами потенциального пробега. По своей величине эта поправка составляет около 16% от наблюдавшегося числа гиперонов. Вторая поправка - чисто геометрическая и связана с тем обстоятельством, что регистрировались не все гипероны, летящие в переднюю полусферу относительно направления движения пучкового протона, а лишь те, для которых угол погружения не превышал $7,5^{\circ}$ [1]. На рис. 2 показано полученное угловое распределение Σ^{\pm} -гиперонов с учетом приведенных поправок. Как видно из распределения, по-видимому, можно считать, что практически все гипероны, образующиеся при взаимодействии протонов с энергией 9 Бэв с ядрами эмульсии, вылетают в переднюю полусферу. Тогда с учетом указанных выше поправок полное число гиперонов оказывается равным 488.

На рис. 3 показан полный энергетический спектр заряженных гиперонов. Как видно, в спектре наблюдается максимум и довольно резкий спад в сторону больших значений энергии. Кроме того, отсутствуют гипероны с энергией >290 Мэв, хотя по принятым в настоящей работе правилам поиска была возможна регистрация гиперонов с энергией 410-420 Мэв. Не исключено, что указанные особенности спектра связаны с тем, что образовавшиеся гипероны эффективно взаимодействуют с нуклонами, входящими в состав родительского ядра.

На рис. 4 показаны предельные кривые для углов и кинетической энергии Σ -гиперонов, образующихся в реакциях



рассчитанные с учетом внутриядерного движения нуклонов. Возможная генерация различного числа π -мезонов в реакциях (*) и (**) может привести только к сужению предельных кривых, которые будут в этом случае полностью расположены внутри соответствующих кривых рис. 4. Предельная кривая реакции /**/ вычислялась для энергии \bar{p} -мезона, равной 8 Бэв, что отвечает максимально возможной энергии для \bar{p} -мезонов, генерируемых протонами с энерги-

ей 9 Бэв и вылетающих в направлении пучка^{x/}. Среди 76 гиперонов, нанесенных на рис. 4, наблюдалось 6 случаев, которые не попадали в пределах трехкратной ошибки в область, ограниченную предельными кривыми. Естественно предположить, что эти гипероны были первоначально образованы в реакциях /x/ и /xx/, но при дальнейшем прохождении через родительское ядро испытали ядерное взаимодействие. Не исключено также, что они образовались при взаимодействии первичного протона с трубкой ядра.

3. Знаки Σ -гиперонов и сечение генерации заряженных гиперонов

Статистическая оценка отношения числа положительных и отрицательных гиперонов была получена из сравнения времени пролета всех наблюдавшихся гиперонов от точки их образования до точки распада со средним временем пролета, которое ожидается при данном потенциальном пробеге в предположении, что все наблюдавшиеся гипероны являются или Σ^+ или Σ^- -гиперонами.

При вычислении среднего значения времени пролета каждого гиперона в двух указанных выше вариантах, средние времена жизни Σ^+ и Σ^- -гиперонов брались соответственно равными $0,75 \cdot 10^{-10}$ сек и $1,59 \cdot 10^{-10}$ сек [3]. Доля Σ^+ -гиперонов, α , в наблюдавшейся смеси гиперонов оказалась равной:

$$\alpha = 0,62 \pm 0,07.$$

Если учесть, что отношение частот распада Σ^+ -гиперонов по двум возможным каналам равно 1, тогда для отношения числа положительных и отрицательных гиперонов получим:

$$\frac{N_{\Sigma^+}}{N_{\Sigma^-}} = 3,2 \pm 1,0.$$

Оценка сечения генерации гиперонов проводилась отдельно для данных 1-й и 2-й эмульсионных камер. Необходимые при вычислении сечения сведения по среднему свободному пробегу для взаимодействия 9 Бэв протонов с ядрами эмульсии, проценту числа взаимодействий 9 Бэв протонов с легкими и

^{x/} Следует отметить, что при уменьшении энергии налетающего π^- -мезона область, охватываемая предельной кривой, сужается.

тяжелыми ядрами эмульсии и по элементарному составу эмульсии были взяты из работ [4-5]. Для сечения генерации заряженных гиперонов при взаимодействии первичных протонов с ядрами эмульсии /камера 2/ и с тяжелыми ядрами эмульсии /камера 1/ соответственно были получены следующие значения:

$$\begin{aligned}\tilde{\sigma}_{\text{ген}}^{\text{ср. яд.}} &= 14,2 \pm 0,9 / \\ \tilde{\sigma}_{\text{ген}}^{\text{тяж. яд.}} &= 13,7 \pm 0,9 /.\end{aligned}$$

Из общих соображений изотопической инвариантности легко показать, что при взаимодействии первичных протонов с ядрами, обладающими нулевым изотопическим спином, число образующихся заряженных Σ^- -гиперонов в два раза больше числа нейтральных Σ^- -гиперонов. Ядра фотоэмульсии практически удовлетворяют этим условиям. Поэтому

$$\begin{aligned}\tilde{\sigma}_{\text{ген}}^{\text{ср. яд.}} / \Sigma^{\pm,0} &= 16,3 \pm 1,4 / \text{мв} ; \\ \tilde{\sigma}_{\text{ген}}^{\text{тяж. яд.}} / \Sigma^{\pm,0} &= 15,6 \pm 1,4 / \text{мв}.\end{aligned}$$

4. Дополнительные замечания

В работе были прослежены все черные и серые лучи в 76 звездах, в которых были обнаружены Σ^- -гипероны, распадающиеся по схеме $\Sigma^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + n$. В результате было найдено четыре случая парного рождения Σ^{\pm} -гиперона и K^+ -мезона, два случая парного рождения K^+ и K^- -мезонов и случай образования двух гиперонов в одной звезде. Звезда типа /17 + 7р/ содержала две "серые" частицы, распадающиеся на лету на одну релятивистскую частицу. Значения масс этих частиц, полученные по результатам измерения многократного рассеяния и ионизации, оказались равными:

$$m_1 = 1,78 \pm 0,45 / m_p \quad \text{и} \quad m_2 > 1,91 \pm 0,44 / m_p.$$

Предполагая, что обе частицы являются гиперонами, необходимо допустить, что эта звезда содержала также нейтральные или заряженные K -мезоны, которые не были обнаружены.

Кроме того, при продолжении отобранных лучей наблюдался один случай аннигиляции антипротона на лету. Пробег антипротона от родительской звезды до точки аннигиляции составляет 17,4 мм. Кинетическая энергия антипротона в точке аннигиляции $E_{кин}(\tilde{p}) = 92 \pm 15$ Мэв. Аннигиляционная звезда содержит 9 "черных" и "серых" частиц и одну релятивистскую частицу.

Авторы выражают благодарность Э.Л.Андроникашвили и В.И.Векслеру за внимание к работе. Авторы благодарят также сотрудников группы эксплуатации ускорителя и коллектив лаборантов, принимавших участие в просмотре фотоэмульсий.

Рукопись поступила в издательский отдел

5 июля 1960 года.

Л и т е р а т у р а

1. Л.П.Джанелидзе, Д.К.Копылова, Ю.Б.Королевич, Н.И.Костанашвили, К.В. Мандрицкая, Н.И. Петухова, Д.Тувдендорж, О.А.Шахулашвили, Чжен Пу-ин. ЖЭТФ, 38, 1004, 1960 г.
2. В.Г.Соловьев. Препринт Р-147, ОИЯИ, Дубна 1958г.
3. L. V. Alvarez. Доклад на Киевской международной конференции по физике частиц высоких энергий, Киев 1959г.
4. В.И.Векслер. Доклад на Киевской международной конференции по физике частиц высоких энергий, Киев 1959г.
5. В.С.Барашенков, В.А.Беляков, Ван Шу-фень, В.В.Глаголев, Н.Долхажав, Л.Ф.Кириллова, Р.М.Лебедев, В.М.Мальцев, П.К.Марков, К.Д.Толстов, Э.Н.Цыганов, М.Г.Шафранова, Яо Цин-се. Препринт Р-331, ОИЯИ, Дубна 1959 г.

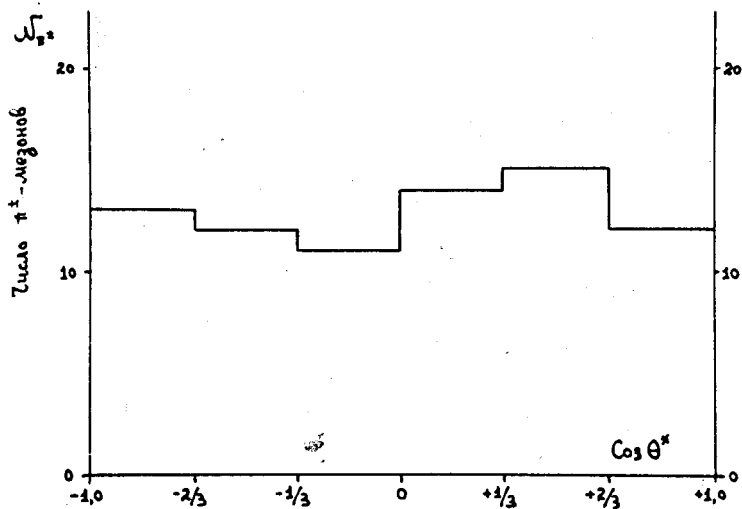


Рис. 1. Угловое распределение F^\pm -мезонов в системе покоя гиперона относительно направления его движения.

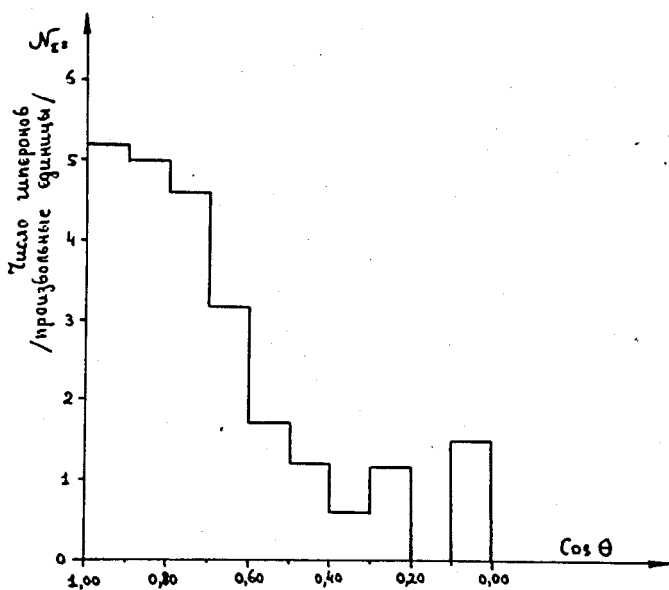


Рис. 2. Угловое распределение Σ^\pm -гиперонов.

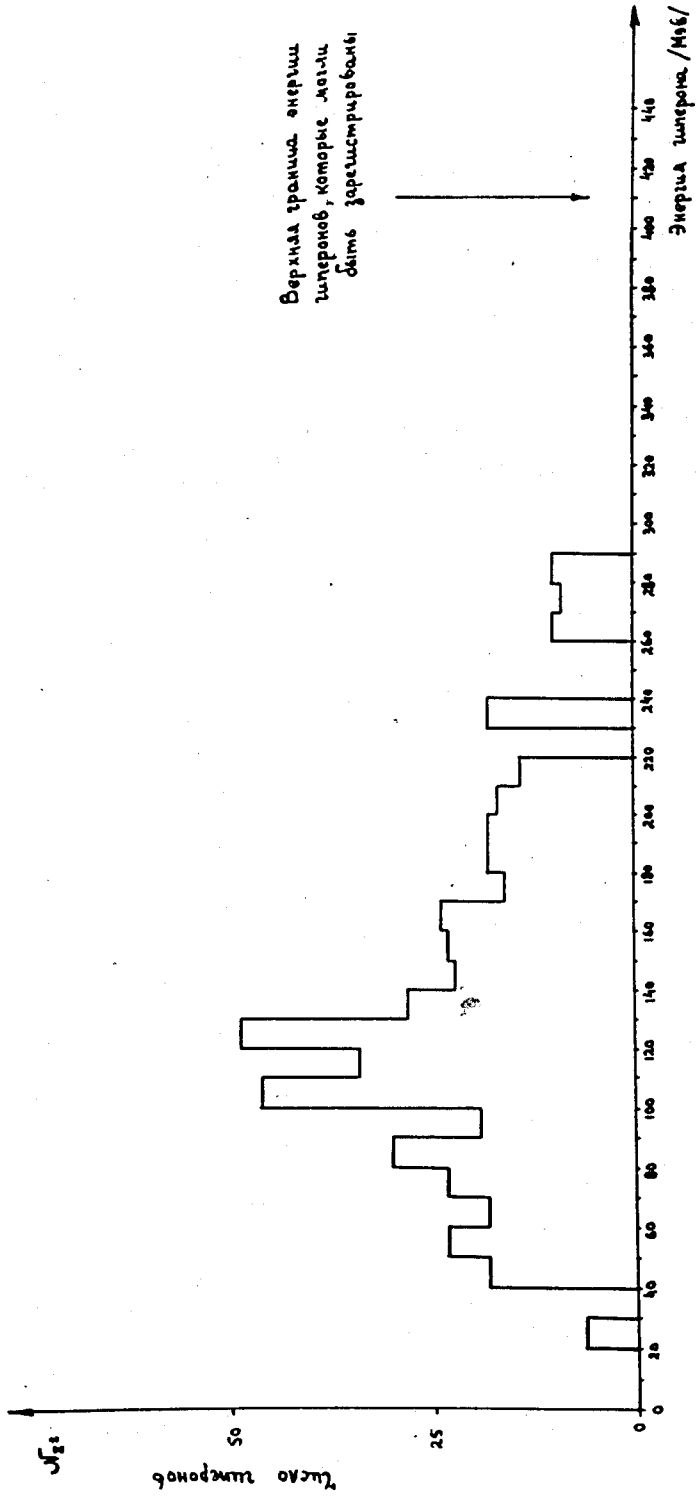


Рис. 3. Экспериментальный энергетический спектр заряженных гиперонов.

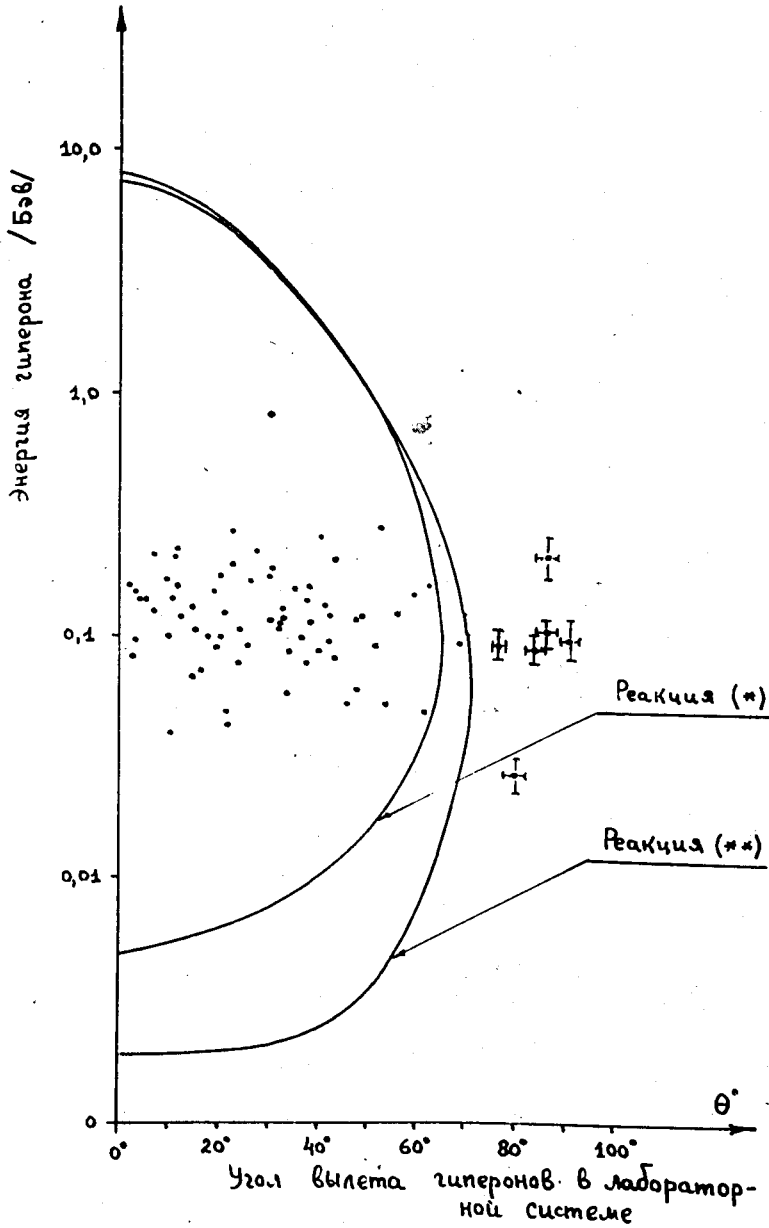


Рис. 4. Предельные кривые для углов и кинетической энергии Σ^- гиперонов, образующихся в реакциях / * / и / * * /.