15

Институт теоретической и
экспериментальной физики

FERMILAB
MAR 2 2 1999
LIBRARY

34-98

ITEP-34-98

О.В.Булеков, Н.Д.Галанина, В.С.Демидов,
А.Л.Ендалов, И.Л.Киселевич, М.А.Мартемьянов,
В.И.Михайличенко, В.А.Окороков, А.К.Поносов,
Ф.М.Сергеев, Н.А.Халдеева

ОБРАЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ΛK В АДРОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Fermilab Library
0 1160 0068574 7

Москва 1998

УДК 539.I

М-16

ОБРАЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ΛK В АДРОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ:
Препринт ИТЭФ 34-98/

О.В.Булеков[+], Н.Д.Галанина, В.С.Демидов, А.Л.Ендалов[+], И.Л.Киселевич, М.А.Мартемьянов, В.И.Михайличенко, В.А.Окороков[+], А.К.Поносов[+], Ф.М.Сергеев[+], Н.А.Халдеева - М., 1998 - 16с.

Наблюдается А-зависимость распределений по фейнмановской переменной для системы ΛK^0, образованной с малым поперечным импульсом в нейтрон-ядерных взаимодействиях. Для Λ-гиперонов аналогичная зависимость отсутствует. Результат интерпретируется как эффект от промежуточного возбужденного нуклонного состояния, распадающегося на странные частицы. Такая интерпретация подтверждается экспериментальными данными по рождению пар ΛK в пион-нуклонных взаимодействиях.

THE ΛK SYSTEM PRODUCTION IN THE HADRON INTERACTIONS.

O.V.Bulekov, N.D.Galanina, V.S.Demidov, A.L.Endalov, I.L.Kiselevich, M.A.Martem'yanov, V.I.Mikhailichenko, V.A.Okorokov, A.K.Ponosov, F.M.Sergeev, N.A.Khaldeeva

The A-dependence is observed in x_F-distributions for the ΛK^0 system produced with the small transverse momentum in the neutron-nucleus interactions. For the Λ hyperons similar dependence isn't seen. The result is interpreted as an effect from intermediate excitative nucleon state, which decays into strange particles. Such interpretation is confirmed experimental data on ΛK pair production in the pion-nucleon interactions.

Рис. - 8, список лит. - 9 наим.

© Институт теоретической и экспериментальной физики, 1998

[+]Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет)

Проблемы, связанные с влиянием ядерной среды на образование адронов и с ядерной прозрачностью (или в современной квантово-механической трактовке - цветовой экранировкой и цветовой прозрачностью), в последние годы привлекают внимание исследователей [1-3]. Характеристики образующихся лидирующих частиц непосредственно определяются эволюцией кварковой системы. Лидер представляет собой своего рода "перевоплощение" первичной частицы, характеристики которого отражают историю прохождения адрона-снаряда через мишень. Так, эволюцию сечения взаимодействия формирующегося адрона, в принципе, можно проследить по ослаблению (усилению) интенсивности пучка вторичных лидирующих частиц на различных ядрах по сравнению с адрон-нуклонным взаимодействием в соответствующих кинематических интервалах. Представляет интерес исследование свойств лидирующих частиц, отличающихся по своему кварковому составу от первичной. Скупые экспериментальные данные показывают, что поведение таких частиц при прохождении через ядро отличается от поведения "сохранившихся" лидеров. Оказалось также, что изменение пропускающей способности (прозрачности) атомного ядра (в том числе и её зависимость от энергии) ярко проявляется уже при начальных энергиях порядка 10 ГэВ.

Характеристикой, передающей "оптические" свойства ядра по отношению к прохождению адрона, является эффективное число нуклонов, которое представляет собой отношение дифференциальных сечений в соответствующих диапазонах фейнмановской переменной x_F в реакциях на ядрах и на свободных нуклонах:

$$N_{eff} = \frac{(d\sigma/dx_F)_A}{(d\sigma/dx_F)_N}.$$

Экспериментальные данные по инклюзивному образованию пионов и нуклонов при начальной энергии 100 ГэВ находятся в согласии с рас-

четами по дуальной струнной модели - наблюдается изменение пропускающей способности ядра для частиц с разными значениями фейнмановской переменной. Однако для Λ-гиперонов имеется указание на некоторое расхождение экспериментальных данных с расчетами - пропускающая способность ядра, возможно, одинакова для частиц с разными значениями фейнмановской переменной [1].

При изучении рождения лидирующих Λ-гиперонов нейтронами с энергией 4 - 10 ГэВ нами было показано, что отношение сечений образования гиперонов на ядрах углерода и свинца также не зависит от фейнмановской переменной [4].

В настоящей работе мы исследовали образование лидирующих пар ΛK^0 нейтронами на ядрах углерода и меди в области углов $\Theta < 8.5^0$ по отношению к пучку, в сопровождении только нейтральных частиц. Эксперимент был выполнен на магнитном спектрометре КАОН в пучке нейтронов протонного синхротрона ИТЭФ [5]. В качестве мишени использовались графит толщиной 6 см и медь толщиной 4 см. Λ-гипероны и K^0-мезоны регистрировались с помощью магнитного спектрометра КАОН с проволочными искровыми камерами и годоскопической системой сцинтилляционных счётчиков. Мишень располагалась на пучке между сцинтилляционными счётчиками, включенными на антисовпадения с остальными счётчиками годоскопов. Таким образом исключались случаи рождения нейтральных странных частиц совместно с заряженными частицами, что позволило выделить полуинклюзивную реакцию:

$$n + (C, Cu) \rightarrow \Lambda + K^0 + X^0. \qquad (1)$$

Распады Λ и K^0-частиц, родившихся в мишени, регистрировались перед спектрометром на базе длиной 40 см. Распадный объём был заполнен гелием. Запуск установки осуществлялся триггером от схем быстрой электронной логики, использующей сигналы сцинтилляционных счётчиков годоскопов. Траектории заряженных частиц регистрировались группами проволочных искровых камер.

Всего было идентифицировано 349 пар ΛK^0, в том числе 215 на углеродной мишени, 134 - на медной мишени. Эффективность регистрации пары ΛK^0 была рассчитана при помощи пакета программ GEANT.

В экспериментальные распределения были введены поправки на взаимодействие образующихся вместе с парой ΛK^0 нейтронов и π^0-мезонов с ядрами мишени.

При проведении моделирования принималось во внимание, что ре-

акция может идти как на нейтроне ядра, так и на протоне. Поэтому учитывались вклады от четырёх реакций:

$$n + n \rightarrow n + \Lambda + K^{0}, \quad (2)$$

$$n + n \rightarrow n + \Lambda + K^{0} + \pi^{0}, \quad (3)$$

$$n + p \rightarrow p + \Lambda + K^{0}, \quad (4)$$

$$n + p \rightarrow p + \Lambda + K^{0} + \pi^{0}. \quad (5)$$

Относительный вклад реакций на протоне и на нейтроне учитывался в соответствии с числом протонов и нейтронов в ядрах углерода и меди. Вклады трёх- и четырёхчастичных реакций учитывались пропорционально их сечениям, взятым из мировых данных. При этом для реакций (2) и (3) использовались сечения изотопически сопряжённых pp-реакций. Проведённое моделирование показало, что процесс идёт преимущественно на нейтронах ядра. Реакции, идущие на протонах ядра, подавлены за счёт включения счётчика антисовпадений. Тем не менее реакция на протонах ядра имеет место, так как вторичные протоны могут останавливаться в мишени или не попасть в счётчик антисовпадений. Вклад от четырёхчастичной реакции меньше вклада от трёхчастичной, так как электрон-позитронные пары, образующиеся при конверсии γ-квантов от распада π^0-мезона, могут вызывать срабатывание счётчика.

Для лидирующих Λ-гиперонов не наблюдается зависимости распределения по x_F от массового числа ядра-мишени, характерной для лидирующих мезонов. На рис.1 представлено распределение по фейнмановской переменной для системы ΛK^{0}, образованной на медной мишени, на рис.2 - на углеродной мишени. Оказалось, что отношение R дифференциальных сечений образования пар ΛK^{0}, характеризующее пропускающую способность ядер, зависит от фейнмановской переменной (рис.3). Этот результат можно понять, если предположить, что первоначально образуется тяжелая изобара, распадающаяся затем на странные частицы. Другими словами, при прохождении через ядро система ΛK^{0} ведет себя как один нестранный адрон, а не как две странные частицы.

Ограниченная статистика не позволяет подробно анализировать спектры эффективных масс системы ΛK^{0}. Однако можно отметить, что спектры эффективных масс, полученные на углеродной и медной мишени, различаются, то есть ядерная среда влияет на кинематические характеристики образующихся частиц даже при условии подавления каскадных процессов (рис.4, 5).

Спектры эффективных масс аппроксимировались суммой распределений Брейта-Вигнера и фазового объема. Результаты аппроксимации представлены на рисунках сплошной линией и приведены в таблице 1. Для более детального изучения спектров эффективных масс необходимо существенное повышение статистической точности.

Таблица 1. Результаты аппроксимации спектров эффективных масс системы ΛK^0 для углеродной и медной мишеней

Параметр	Мишень C	Мишень Cu
$M_0, МэВ/c^2$	1797 ± 6	1743 ± 13
$\Gamma, МэВ/c^2$	176 ± 25	72 ± 21
$\chi^2/ст.св.$	9.7/7	6.3/8

Для количественных результатов необходимо существенное повышение статистической точности. В то же время подтверждением разумности предположения о роли промежуточных изобар могут служить данные, полученные при анализе спектров эффективных масс вторичных частиц в π^+p-взаимодействиях с образованием странных частиц.

II

Рождение резонансов в π^+p-взаимодействиях при начальном импульсе 4,23 ГэВ/с с образованием странных частиц было исследовано нами на материале с 2-метровой водородной пузырьковой камеры ИТЭФ [6] в трёх каналах, имеющих достаточно большое сечение:

$$\pi^+ + p \to \Lambda + K^+ + \pi^+, \tag{6}$$

$$\pi^+ + p \to \Lambda + K^+ + \pi^+ + \pi^0, \tag{7}$$

$$\pi^+ + p \to \Lambda + K^0 + \pi^+ + \pi^+. \tag{8}$$

Для анализа использовались события, в которых импульс пучка, найденный из энергетического баланса, отличался от среднего не более чем на 75 МэВ/с - экспериментально определенную дисперсию пучка. Это сделано для устранения плохо сбалансированных событий, присутствие которых может исказить массовые спектры, что, в свою очередь, скажется на результатах подгонки.

В таблицах 2 - 4 представлены гипотезы образования резонансов, количество событий, обнаруженное на полной статистике, и сечения каналов, полученные при одновременной подгонке многопараметрической функцией, содержащей генерированные методом Монте-Карло Брайт-Вигнеровские амплитуды резонансов, их взаимные отражения и фазовые объемы к экспериментальным распределениям по эффективной массе. Благодаря этой процедуре были учтены эффекты отражений резонансов во все массовые спектры.

Минимизация проводилась методом наименьших квадратов с помощью программы MINUIT [7]. Погрешности в сечениях - статистические. Массы и ширины хорошо известных резонансов $K^*(892)$, $\Sigma(1385)$ и ρ были взяты из таблицы элементарных частиц, а соответствующие параметры изобары и резонансов $\Sigma(1560)$, $\Sigma(1670)$ и $\Sigma(1849)$ определялись в процессе минимизации.

Масса изобары оказалась вблизи 1,7 ГэВ/c^2, ширина - около 100 МэВ/c^2. В данной области масс известно несколько близко расположенных изобар, что не даёт возможности однозначно идентифицировать обнаруженный резонанс. Скорее всего его следует отождествить с изобарой $N^*(1710)$ $1/2^+$, имеющей самую большую вероятность распада на Λ и K. В пользу такого предположения свидетельствует и близкое к изотропному угловое распределение Λ-гиперонов относительно направления импульса ΛK в их системе покоя. Приведенные результаты свидетельствуют о большом вкладе в сечение каналов с рождением резонансов в π^+p-взаимодействиях при 4,23 ГэВ/с. Более 80% исследованных реакций идет через образование резонансов.

Для иллюстрации качества фитирования на рис.6 - 8 представлены экспериментальные распределения (гистограммы) по эффективным массам ΛK совместно с кривыми, полученными в результате фитирования.

Таблица 2. Сечения образования резонансов в канале $\Lambda K^+\pi^+$

Число событий	Гипотеза	Сечение, мкб
387	$\Lambda K^+\pi^+$	26,6 ± 1,6
	$\Sigma(1385)K^+$	21,2 ± 1,4
	$\Sigma(1670)K^+$	10,6 ± 1,0
	$N^*(1710)\pi^+$	5,8 ± 0,8

Таблица 3. Сечения образования резонансов в канале $\Lambda K^+\pi^+\pi^0$

Число событий	Гипотеза	Сечение, мкб
841	$\Lambda K^+\pi^+\pi^0$	15,5 ± 1,3
	$\Sigma(1385)K^+\pi$	52,9 ± 2,4
	$\Sigma(1560)K^+\pi$	11,7 ± 1,1
	$\Sigma(1670)K^+\pi$	14,4 ± 1,3
	$\Lambda K^*(892)\pi^+$	10,2 ± 1,1
	$N^*(1710)\pi^+\pi^0$	17,2 ± 1,4
	$\Lambda K^+\rho^+$	10,4 ± 1,1
	$N^*(1710)\rho^+$	0
	$\Sigma(1385)K^*(892)$	15,4 ± 1,3

Таблица 4. Сечения образования резонансов в канале $\Lambda K^0\pi^+\pi^+$

Число событий	Гипотеза	Сечение, мкб
563	$\Lambda K^0\pi^+\pi^+$	0
	$\Sigma(1385)K^0\pi^+$	30,8 ± 1,8
	$\Lambda K^*(892)\pi^+$	7,7 ± 0,9
	$N^*(1710)\pi^+\pi^+$	20,7 ± 1,5
	$\Sigma(1385)K^*$	14,7 ± 1,2
	$\Sigma(1670)K^0\pi^+$	4,1 ± 0,6
	$\Sigma(1849)K^0\pi^+$	5,9 ± 0,8
	$\Lambda K^*(1430)\pi^+$	10,2 ± 1,0

Ранее из анализа спектров эффективных масс в реакции (6) данные о тяжелых изобарах, распадающихся на странные частицы, были получены в работах, выполненных на пузырьковой камере Альвареца [8,9].

Основные результаты настоящей работы заключаются в следующем.

1. В реакции образования лидирующей пары ΛK^{-0} нейтронами на ядрах углерода и меди наблюдается зависимость распределений по фейнмановской переменной от массового числа ядра-мишени. Качественно эта зависимость согласуется с расчетами Б.З.Копелиовича по дуальной струнной модели для инклюзивного образования адронов.

2. Наблюдаемая зависимость может быть объяснена рождением промежуточной изобары, распадающейся на странные частицы.

3. Эта интерпретация подтверждается экспериментальными данными, полученными нами из анализа спектров эффективных масс в π^+p-взаимодействиях с образованием странных частиц. Более 80% этих реакций при начальном импульсе 4,2 ГэВ/с идет через образование резонансов.

Авторы благодарны Л.А.Кондратюку за обсуждения и полезные советы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 97-02-17862).

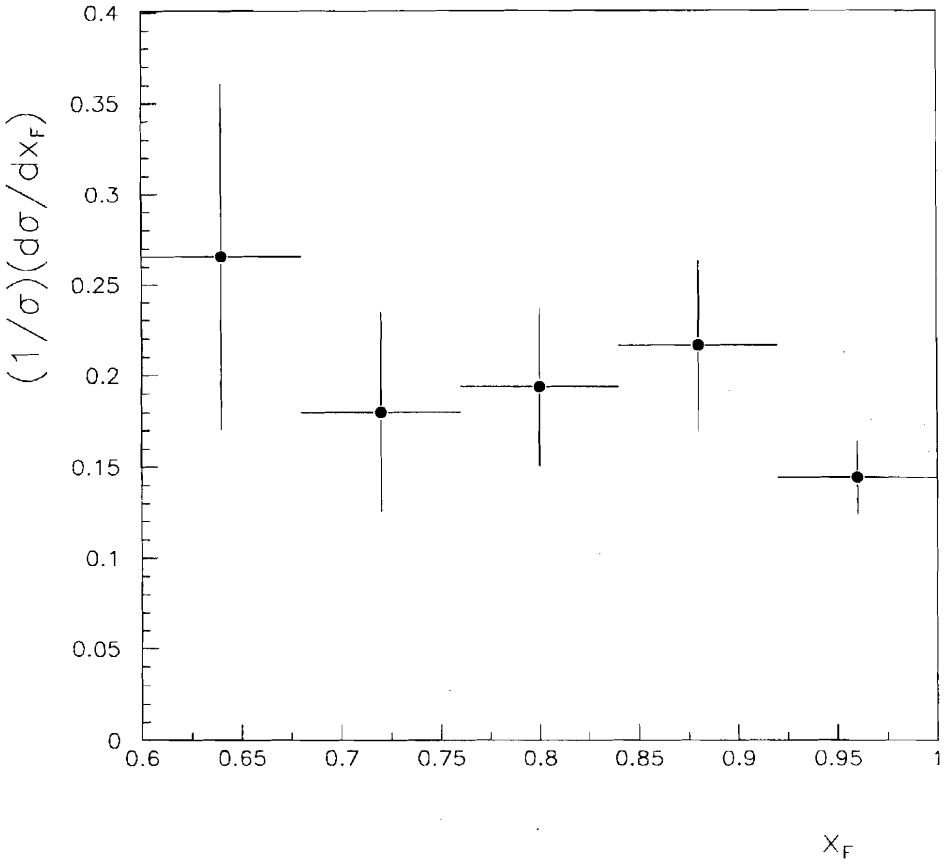

Рис.1. Распределение по фейнмановской переменной для системы ΛK^{-0}, образованной на медной мишени.

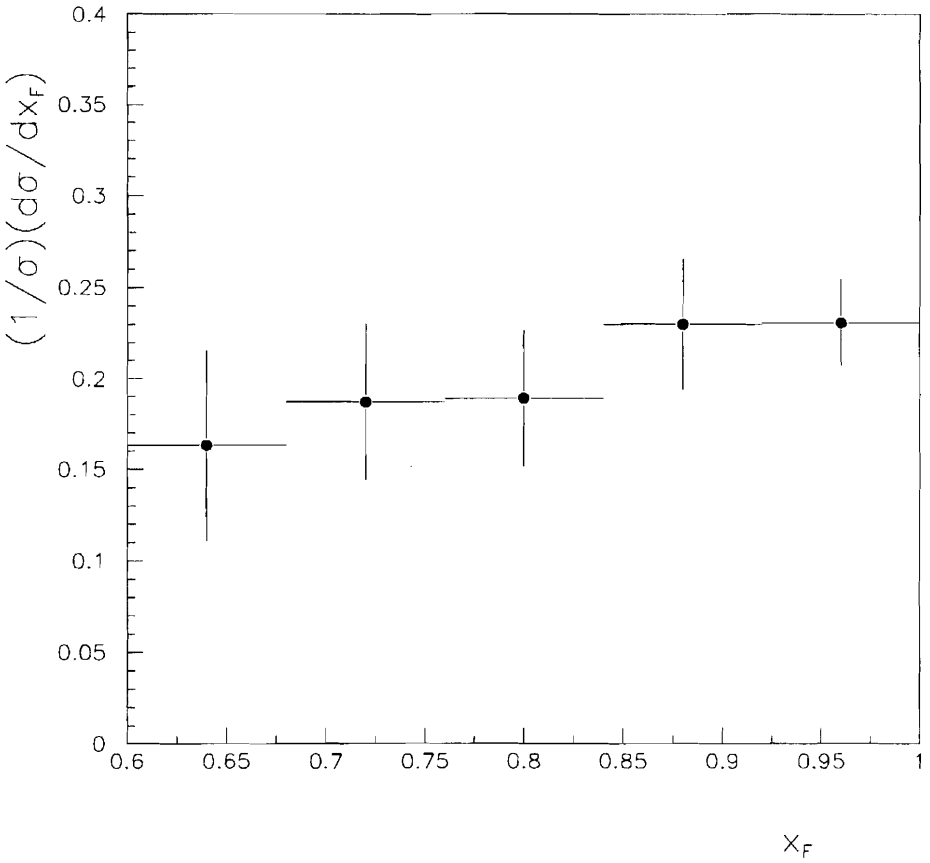

Рис.2. Распределение по фейнмановской переменной для системы ΛK^0, образованной на углеродной мишени.

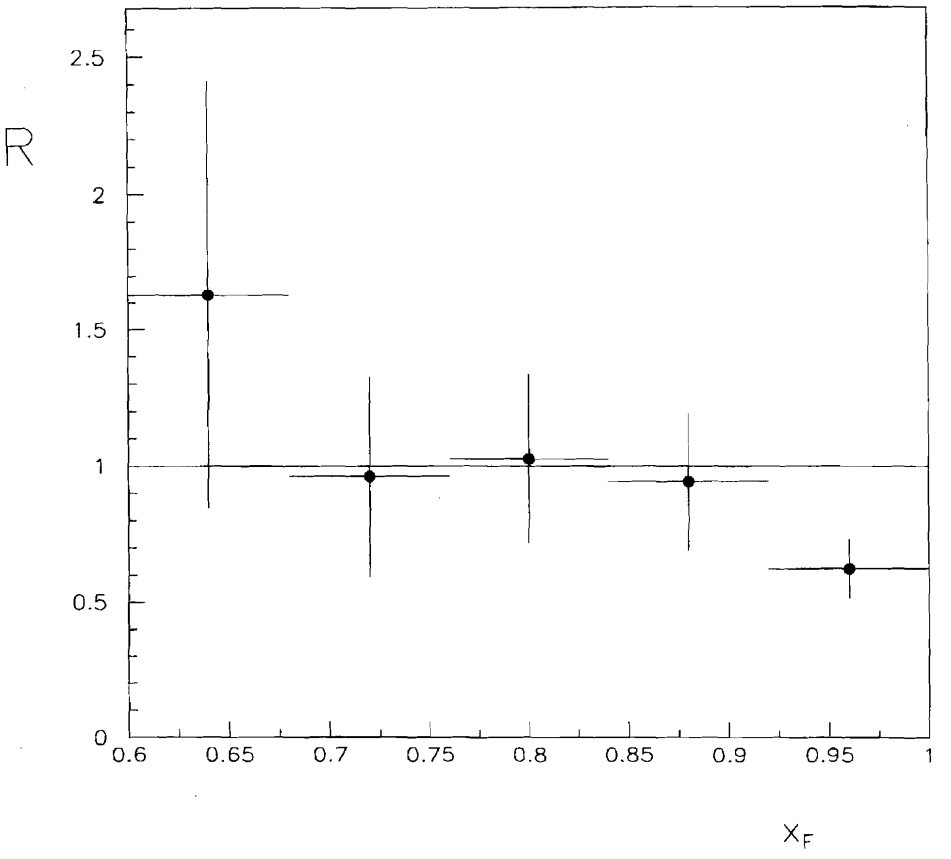

Рис.3. Зависимость отношения дифференциальных сечений образования пар ΛK^0 на медной и углеродной мишенях от фейнмановской переменной.

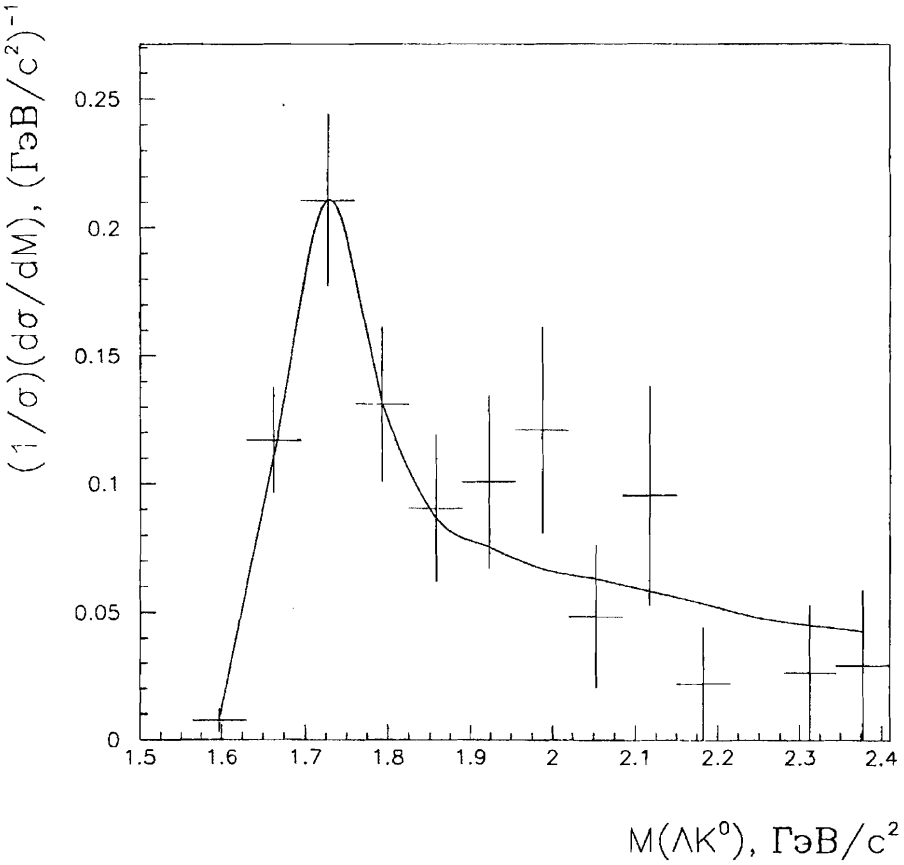

Рис.4. Спектр эффективных масс системы ΛK^0, образованной нейтронами на медной мишени.

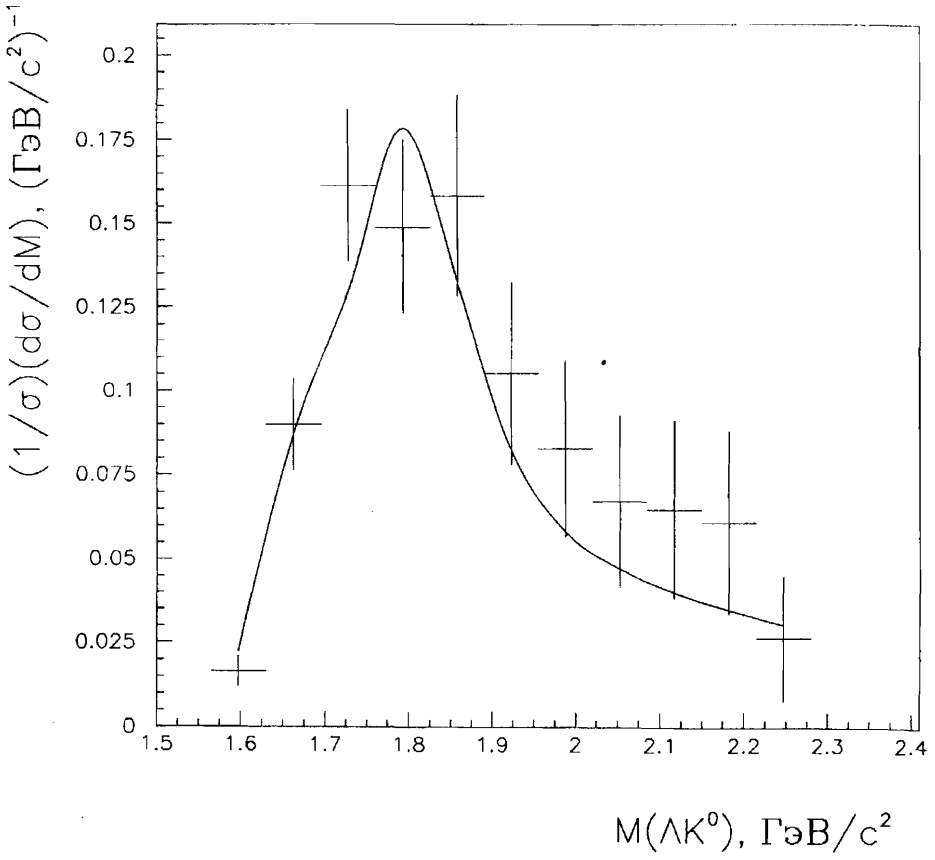

Рис.5. Спектр эффективных масс системы ΛK^0, образованной нейтронами на углеродной мишени.

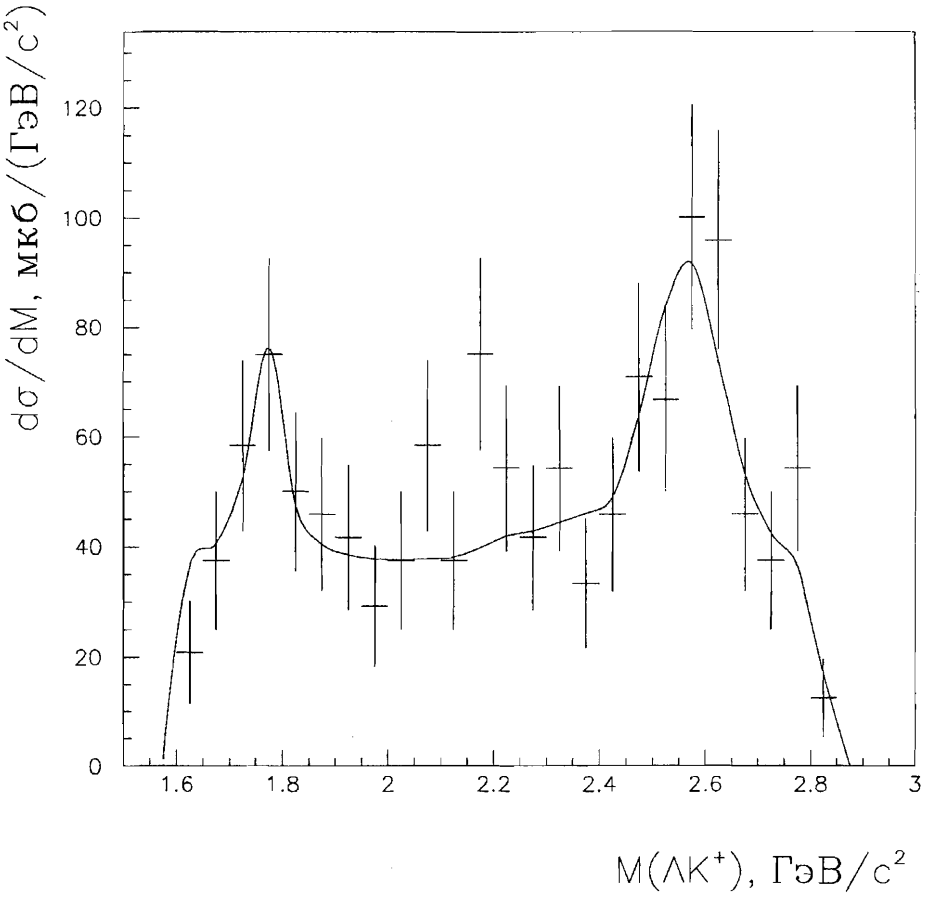

Рис.6. Спектр эффективных масс системы ΛK^+, образующейся в реакции (6).

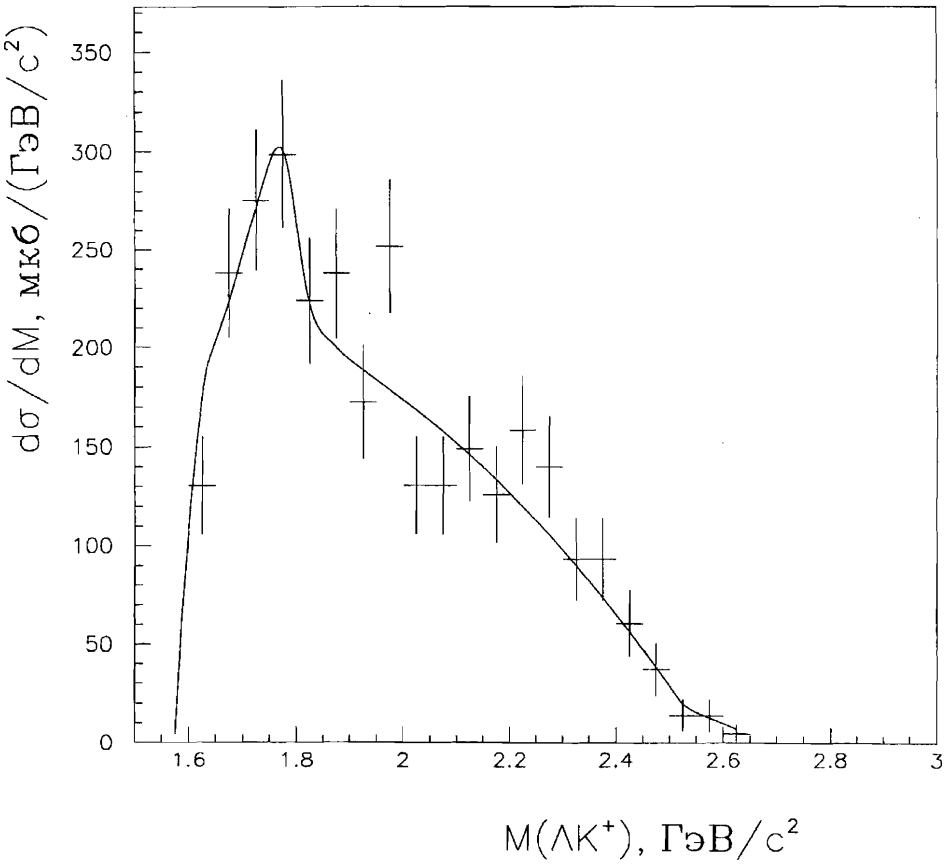

Рис.7. Спектр эффективных масс системы ΛK^{+}, образующейся в реакции (7).

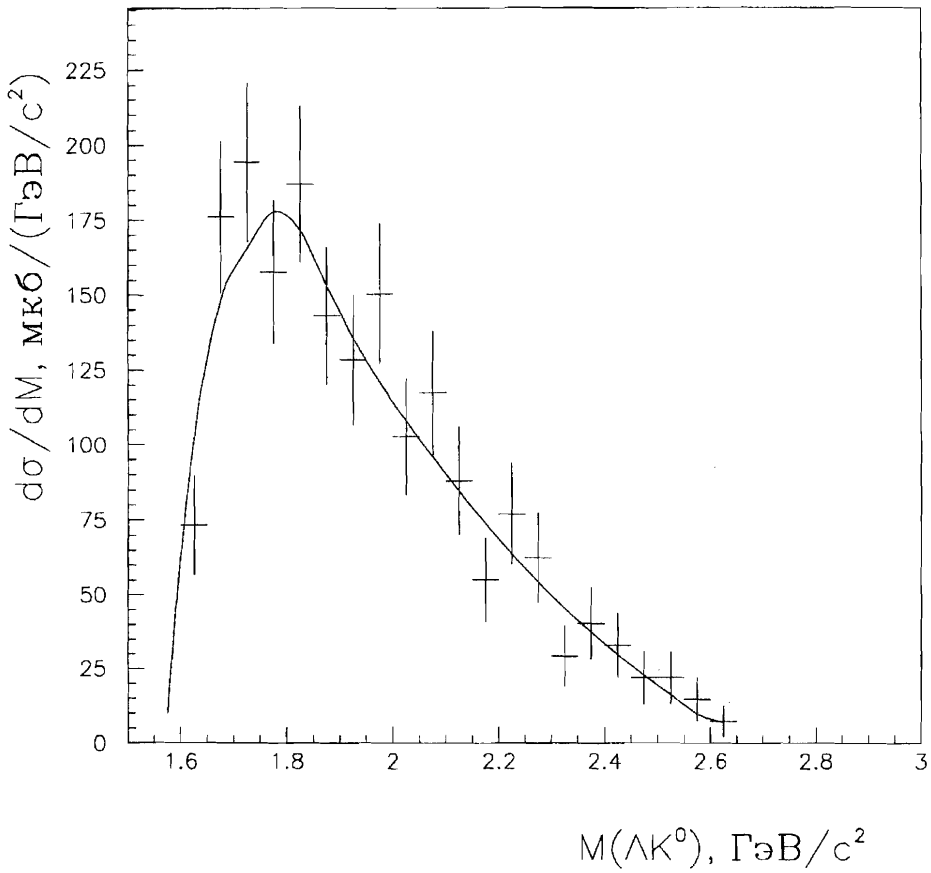

Рис.8. Спектр эффективных масс системы ΛK^{0}, образующейся в реакции (8).

Литература

1. B.Z.Kopeliovich, L.B.Litov, J.Nemchik. Effects of formation time and colour transparency on the production of leading particles off nuclei. Preprint JINR, E2-90-344, Dubna, 1990.

2. Y.S.Golubeva, L.A.Kondratyuk, A.Bianconi, S.Boffi, M.Radici. Nuclear transparency in quasielastic A(e,e'p): Intranuclear cascade versus eikonal approximation. // Phys.Rev., 1998, V.C57, P.2618-2627.

3. L.A.Kondratyuk, Ye.A.Golubeva. Effects of nuclear medium in the formation and production of hadronic resonances on nuclei. // ЯФ. 1998. T.61, C.951-960.

4. О.В.Булеков и др. Характеристики лидирующих Λ-гиперонов, образованных нейтронами на ядрах. М., Препринт ИТЭФ, 1997, N4. // ЯФ, 1998, T.61, C.80-85.

5. А.Н.Алексеев, В.М.Березин, Е.Т.Богданов и др. Образование пары ΛK^0 при взаимодействии нейтронов с ядрами. // ЯФ, 1991, T.54, C. 1597-1604.

6. Ю.Д.Алёшин и др. Двухметровая жидководородная пузырьковая камера ИТЭФ. // ПТЭ, 1970, N.3, C.100-102.

7. F.James and M.Roos, CERN Program Library D506, MINUIT - Function Minimization and Error Analisis. 1988.

8. D.J.Crenell et al. ΛK enhancement at 1.7 GeV produced in $\pi p \to \Lambda K \pi$ interactions at 6 GeV/c. // Phys. Rev. Lett., 1967, V.19, P.1212-1215.

9. D.J.Crenell et al. Properties of the $N^*(1730)$. // Phys. Rev. Lett., 1970, V.25, P.187-191.

Подписано к печати 29.09.98 Формат 60x90 I/I6
Усл.-печ.л.I,0. Уч.-изд.л.0,7. Тираж 93 экз. Заказ 34.
Индекс 3649

Отпечатано в ИТЭФ,II7259,Москва, Б.Черемушкинская, 25