

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

1-84-457

Говорун, Н. Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДРОННОГО РОЖДЕНИЯ
И СВОЙСТВ ОЧАРОВАННЫХ ЧАСТИЦ
И УЗКИХ БАРИОННЫХ РЕЗОНАНСОВ
НА СЕРПУХОВСКОМ УСКОРИТЕЛЕ

(физическое обоснование проекта ЧАРМ).

Основные результаты, полученные
на установке БИС-2.

Сотрудничество БИС-2 Алма-Ата–Берлин–Будапешт–
Дубна–Москва–Прага–Серпухов–София–Тбилиси

1984

Н.Н.Говорун, Т.С.Григалашвили, Б.Н.Гуськов, И.М.Иванченко,
И.Н.Какурин, Д.А.Кириллов, М.Ф.Лихачев, А.Л.Любимов, А.Н.Максимов,
Э.И.Мальцев, Г.Г.Тахтамышев

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

П.А.Черенков, А.С.Белоусов, А.А.Комар, В.В.Павловская,
С.В.Русаков, Л.Н.Штарков

Физический институт им.П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

Н.С.Амаглобели, В.Д.Кекелидзе, Г.И.Никобадзе

Институт физики высоких энергий ТГУ, Тбилиси

И.Я.Часников, А.А.Локтионов, К.Х.Нусупов

Институт физики высоких энергий, Алма-Ата

А.К.Лиходед

Институт физики высоких энергий, Серпухов

А.Б.Кайдалов

Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва

Е.А.Чудаков

Научно-исследовательский институт ядерной физики, Москва

П.К.Марков

Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, София

З.Новак, Х.Новак

Институт физики высоких энергий АН ГДР, Берлин-Цойтен

А.Прокеш

Физический институт ЧСАН, Прага

Л.Сабо, И.Вереш

Центральный институт физических исследований, Будапешт

ВВЕДЕНИЕ

Сотрудничество БИС-2 разработало проект с условным названием ЧАРМ, целью которого является осуществление долговременной программы конкурентоспособных исследований адронного рождения и свойств очарованных частиц и узких барионных резонансов на серпуховском ускорителе. Проект предусматривает как проведение физических исследований, являющихся естественным продолжением и развитием исследований, которые ведутся на установке БИС-2, так и развитие самой установки БИС-2 в установку, обозначенную в проекте БИС-2М. Физическое обоснование проекта исходит из основных задач исследований в этом актуальном направлении и из результатов, полученных на БИС-2 и опыта, приобретенного в ходе проведения экспериментов на этой установке. В соответствии с этим публикуемое физическое обоснование проекта состоит из двух частей: в первой части, составляющей содержание данного сообщения, изложены основные результаты исследований, выполненных на БИС-2 к настоящему времени /конец 1983 г./ и подведены некоторые итоги прошедшего этапа работы установки*; во второй части, составляющей содержание следующего сообщения, обоснована и изложена предлагаемая программа исследований на ближайшие годы.

Открытие в конце 1974 года $J/\psi^{1/}$ и интерпретация этой частицы как связанного состояния cc -кварков поставили в качестве важнейшей задачи обнаружение частиц с открытым очарованием.

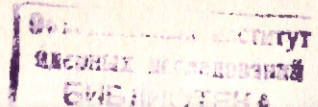
В начале 1975 г. в ЛВЭ ОИЯИ был разработан проект "Поиск очарованных частиц"^{1/2/}, в котором предлагалось, во-первых, провести поиск очарованных частиц на серпуховском ускорителе с помощью имевшейся установки БИС, и, во-вторых, создать новую установку БИС-2 специально для поиска очарованных частиц.

Обнаружить очарованные частицы в проведенных в 1975-76 гг. экспериментах на установке БИС не удалось^{3/}.

В начале 1979 года заработала установка БИС-2 в минимальном варианте, позволявшем начать запланированные поисковые эксперименты. В том же году был представлен проект, уточнивший задачи установки и определивший необходимые меры по ее дальнейшему совершенствованию. Проектом 1979 года перед БИС-2 были поставлены две основные задачи:

1/ Поиск очарованных частиц, образованных адронами серпуховских энергий; 2/ поиск узких барионных резонансов.

* Основные результаты исследований на БИС-2 в данном сообщении приведены несколько подробнее, чем в тексте проекта.



Чтобы более четко обрисовать значение поставленных задач и полученных на БИС-2 результатов, напомним кратко ситуацию того времени, когда разрабатывался и обсуждался этот проект. Возможность обнаружения на серпуховском ускорителе очарованных частиц в адронных взаимодействиях была тогда не только не очевидной, но многими специалистами, как теоретиками, так и экспериментаторами, считалась нереальной. Так, например, в сделанном в 1979 году обзоре поисков очарованных частиц, рожденных адронами^{4/}, автор даже не рассматривал эксперименты, выполненные при энергии меньше 70 ГэВ, считая их безнадежными.

Расчеты адронного рождения очарованных кварков, выполненные методами пертурбативной квантовой хромодинамики^{5-7/}, предсказывали для серпуховских энергий сечения ≤ 1 мкб, что делало поиск очарованных частиц в адронных пучках серпуховского ускорителя достаточно бесперспективным. Эти пессимистические оценки находили дополнительное подтверждение в отрицательных результатах выполненных ранее на этом ускорителе экспериментов по поиску адронного рождения очарованных частиц^{3,8/}.

Не больше оптимизма вселяла и вторая задача предложенного эксперимента - "поиск узких барионных резонансов", т.е. барионных состояний, распад которых по всем каналам сильного взаимодействия подавлен, несмотря на достаточный фазовый объем. Для барионов, составленных из трех кварков и не обладающих аномально большим угловым моментом, не было видно возможных причин такого подавления сильных распадов, поэтому возможность существования узких барионных резонансов связывалась с предположением о существовании гипотетических пятикварковых барионов, для которых такое подавление сильных распадов могло бы происходить при некоторых специальных условиях^{9-11/}. Экспериментальные указания на возможные узкие барионные резонансы были в то время крайне слабыми. К этому следует добавить, что вера в существование узких резонансов вообще была сильно подорвана после того, как не подтвердились многочисленные заявки на обнаружение узких резонансов /"бариониев"/, распадающихся на барион-антибарионные пары.

В настоящее время не только выполнены обе основные задачи, поставленные в проекте 1979 г. и завершен этап поисков, но проведены также исследования наблюдаемых очарованных барионов Λ_c^+ и обнаруженного узкого барионного резонанса, обозначенного N_ϕ . Помимо этого выполнено также исследование рождения гиперонов и антигиперонов, измерена поляризация Λ^0 , образованных нейтронами на ядрах углерода; исследовалась дифракционная и когерентная диссоциация нейтронов в систему $\Lambda^0 K^0$.

1. УСТАНОВКА БИС-2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ

БИС-2 - многочастичный спектрометр, конфигурация которого обуславливает преимущественную регистрацию вторичных частиц, вылетающих вперед в с.цм.

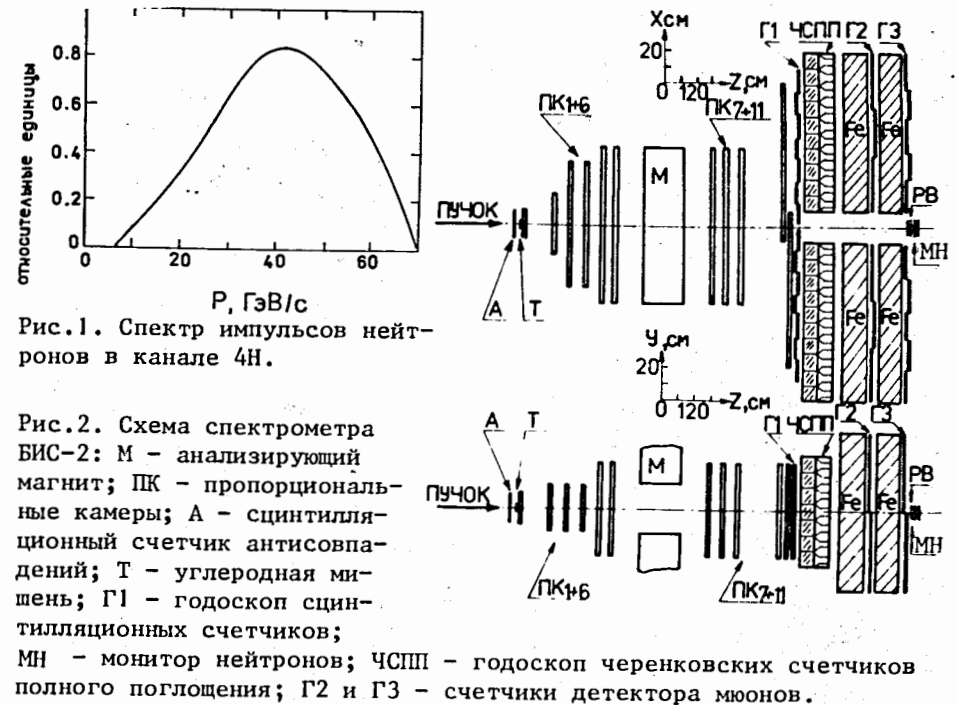


Рис.1. Спектр импульсов нейтронов в канале 4Н.

Рис.2. Схема спектрометра БИС-2: М - анализирующий магнит; ПК - пропорциональные камеры; А - сцинтилляционный счетчик антисовпадений; Т - углеродная мишень; Г1 - годоскоп сцинтилляционных счетчиков; МН - монитор нейтронов; ЧСПП - годоскоп черенковских счетчиков полного поглощения; Г2 и Г3 - счетчики детектора мюонов.

Спектрометр расположен на канале 4Н, в пучке нейтронов. Импульсный спектр пучка приведен на рис.1^{12/}. На рис.2 приведена схема БИС-2 с тем составом аппаратуры, с которым получена большая часть приводимого ниже экспериментального материала.

Для запуска установки требовалось, чтобы через нее прошло не менее четырех частиц. Анализирующий магнит /М/ изменял поперечную составляющую импульса заряженных частиц на 0,64 ГэВ/с. Спектрометр работал на линии с ЭВМ ЕС-1040. Подробное описание БИС-2 приведено в работе^{13/}.

Эксперимент проводился при трех различных конфигурациях спектрометра, различавшихся расположением и толщиной углеродной мишени, некоторыми геометрическими параметрами пропорциональных камер и полярностью магнитного поля магнита М. Различие экспериментальных условий позволило учесть возможные систематические ошибки /например, при определении неизвестных масс частиц/.

Приводимые ниже данные по рождению очарованных барионов Λ_c^+ и узких барионных резонансов N_ϕ основаны на анализе $11,4 \cdot 10^6$ событий взаимодействия нейтронов с мишенью, что соответствует интегральному потоку нейтронов 6×10^{11} .

Чтобы показать возможности БИС-2 как прибора /включая возможности примененных способов обработки экспериментального материала/, приведем некоторые результаты исследований странных час-

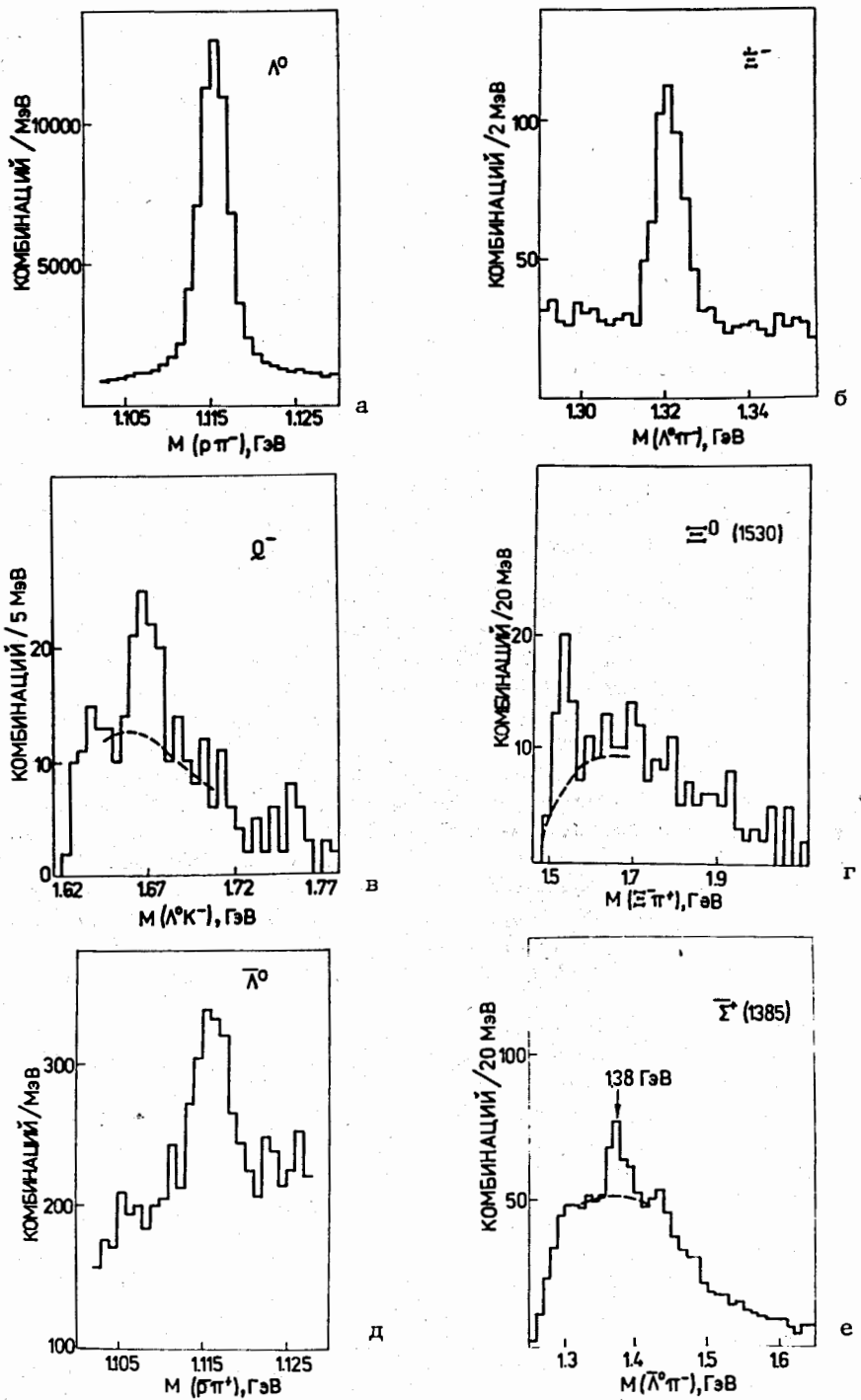
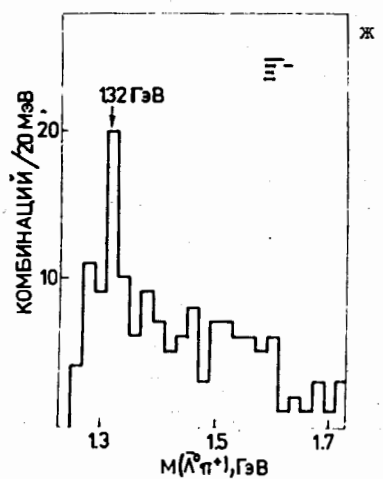


Рис.3. Спектры масс: а/ Λ^0 ; б/ $\Lambda^0 \pi^-$ (Ξ^-); в/ $\Lambda^0 K^-$ (Ω^-); г/ $\Xi^- \pi^+$ ($\Xi^0(1530)$); д/ $\bar{p} \pi^+$ (Λ^0); е/ $\bar{\Lambda}^0 \pi^+$ ($\Sigma^-(1385)$); ж/ $\bar{\Lambda}^0 \pi^+$ (Ξ^-).



тиц^{14/}, которые велись одновременно с поиском и исследованием Λ_c^+ и N_ϕ на том же исходном материале.

Рис.3а/÷ж/ демонстрируют возможности регистрации странных барионов и антибарионов по наблюдению узких пиков в спектрах эффективных масс продуктов распада. Разрешение по эффективной массе Λ^0 составляет 1,8 МэВ/с². Впервые наблюдается с помощью электронной методики рождение Ω^- и $\Xi^0(1530)$ в пучке частиц с нулевой странностью и впервые получены данные о сечениях их рождения в нуклонных взаимодействиях. Впервые также наблюдаются электронно-антигипероны $\Sigma^\pm(1385)$ и Ξ^\pm .

Для Λ^0 , $\Sigma^\pm(1385)$, Ξ^- и Ω^- были измерены распределения по продольным и поперечным импульсам и найдены значения показателя N , определяющего инвариантную структурную функцию $F(x)$ в степенном представлении:

$$F(x) = \int dp_T^2 \frac{2E^*}{\pi\sqrt{s}} \frac{d^2\sigma}{dx dp_T^2} = (1-x)^N,$$

где $x = 2p_L^* / \sqrt{s}$ - фейнмановская переменная.

На рис.4 приведены значения величин N , измеренных на БИС-2, вместе с данными других экспериментов* и величинами, рассчитанными в модели глюонного обмена^{15/} /вертикальные линии/.

На рис.5а/-в/ приведены инклюзивные сечения рождения Λ^0 , $\bar{\Lambda}^0$, $\Sigma^\pm(1385)$ и Ξ^\pm , измеренные на БИС-2, совместно с данными других экспериментов. Как видно из рис.4 и 5а/÷в/, результаты измерения как динамических характеристик, так и инклюзивных сечений

* Ссылки на другие работы, приводимые для сравнения, см. в^{14/}.

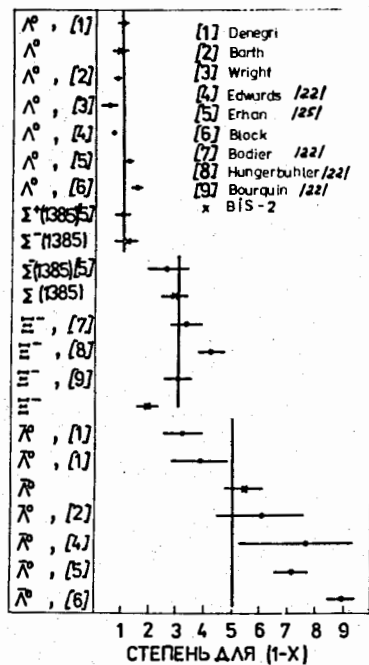


Рис.4. Значения показателя N для инклюзивного рождения гиперонов /см. текст/.

рождения гиперонов и антигиперонов на БИС-2 хорошо согласуются с данными, полученными в других экспериментах*.

Более подробное изложение результатов исследования рождения гиперонов на БИС-2 содержится в работах^{/14/}.

На рис.6 приведены результаты выполненных на БИС-2 первых измерений поляризации Λ^0 , рожденных нейтронами, в зависимости от поперечного импульса^{/16/}. Для сравнения приведены также данные о поляризации Λ^0 в pp-взаимодействиях при $\sqrt{s} = 53$ ГэВ и 62 ГэВ^{/17/}.

В пределах ошибок поляризация Λ^0 , рожденных в pp-и pp-взаимодействиях, одинакова.

При исследовании дифракционной диссоциации $p \rightarrow \Lambda^0 K^0$ найдено около 400 событий, соответствующих диссоциации на квазисвободном нуклоне /для сравнения укажем, что имевшаяся мировая статистика этого процесса составляла 89 событий/ и получена оценка сечения ≈ 10 мкб/^{/18/}.

Впервые наблюдается и исследуется когерентная диссоциация $p \rightarrow \Lambda^0 K^0$ на ядре.

Приведенные результаты по исследованию странных частиц показывают, что в обсуждаемой серии экспериментов на установке БИС-2:

а/ надежно выделяются по узким пикам в спектрах эффективных масс редкие и сложные по топологии распады барионных систем, идущие с образованием нейтральных странных частиц;

б/ правильно восстанавливаются распределения по динамическим переменным (p_T, p_L, x), даже в случаях, когда эффективность регистрации событий резко зависит от этих переменных;

в/ правильно измеряются величины инклюзивных сечений известных процессов, что, в частности, свидетельствует об отсутствии систематических ошибок в мониторинговании, определении эффективности установки и т.д.;

г/ может быть установлен дифракционный характер исследуемых процессов;

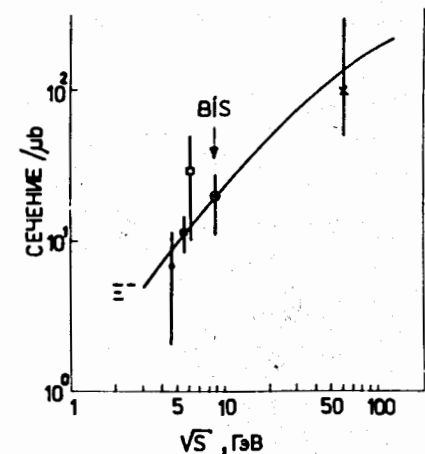
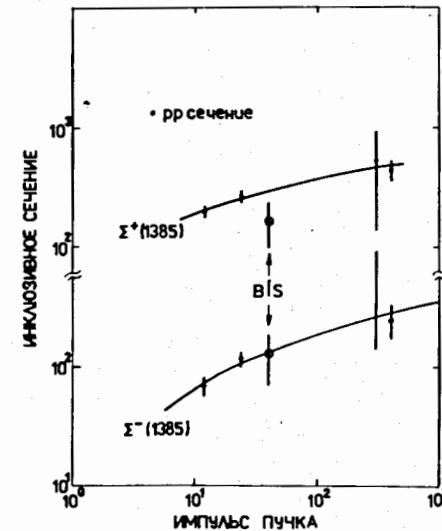
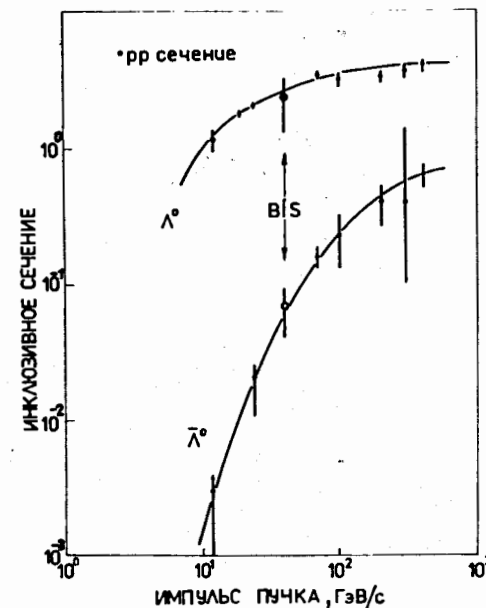


Рис.5. Инклюзивные сечения рождения: а/ Λ^0 и $\bar{\Lambda}^0$; б/ $\Sigma^{\pm}(1385)$; в/ Ξ^{\pm} .

д/ корректно измеряются тонкие эффекты, связанные с асимметрией распадов частиц относительно плоскости их рождения.

2. ОБНАРУЖЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧАРОВАННЫХ БАРИОНОВ Λ_c^+ ^{/19/}

Результаты поиска на БИС-2 очарованных барионов Λ_c^+ представлены на рис.7а и б, на которых приведены спектры эффективных масс систем $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda^0 p \pi^+ \pi^-$ соответственно /сплошные линии/. В обоих распределениях в области массы очарованного бариона Λ_c^+

* См. работу /14/.

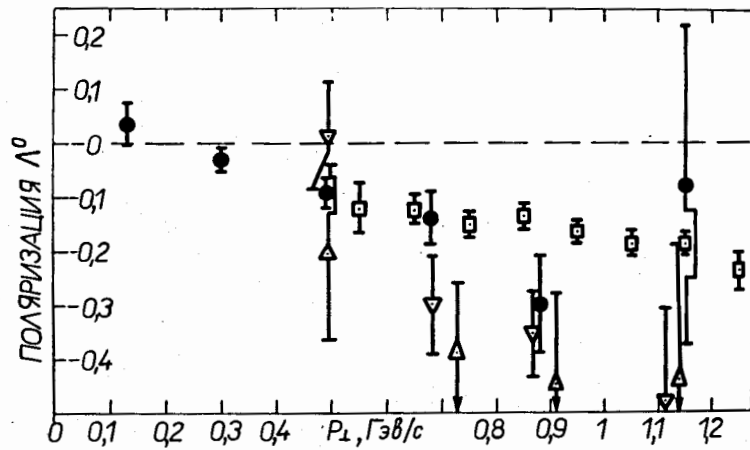


Рис.6. Поляризация Λ^0 в зависимости от p_T .

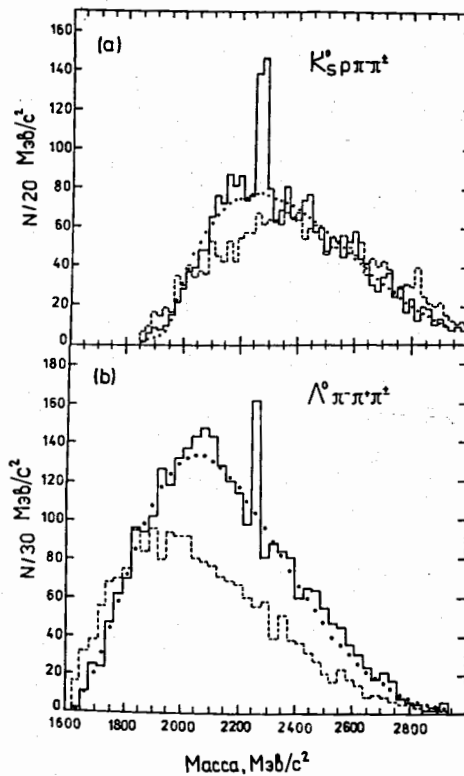


Рис.7. Спектры инвариантных масс: а/ систем $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ /сплошная линия/ и $K_S^0 p \pi^- \pi^-$ /пунктирная/; б/ систем $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$ /сплошная линия/ и $\Lambda^0 \pi^+ \pi^- \pi^-$ /пунктирная/; точками обозначены результаты аппроксимации спектров полиномиальной функцией.

видны четкие пики. Шаг гистограмм равен двукратной величине разрешения по инвариантной массе системы $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ для рис.7а (20 МэВ/с²) и четырехкратной величине разрешения по массе $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$ для рис.7б (30 МэВ/с²). Таким образом, ширина наблюдаемых пиков соответствует аппаратурному разрешению установки.

Для абсолютной градуировки шкалы масс использовались известные частицы ($K^0, \Lambda^0, \Xi^-, \Sigma^-(1385), \Lambda(1520), \Omega^-$), выделенные независимо в каждой из конфигураций эксперимента. Исследуемые массы восстанавливались с точностью до ≈ 6 МэВ/с².

Для оценки числа событий в пиках фоновые распределения аппроксимировались полиномиальными функциями /точки на рис.7/. Для системы $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ число событий в пике составляет 130 ± 18 , для системы $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^- = 57 \pm 14$, что соответствует примерно 10 и 5 стандартным отклонениям от уровня фона.

Если бы наблюдаемое барионное состояние было узким гиперонным резонансом /с шириной, не превышающей 20 МэВ/с², и массой, случайно совпавшей с массой Λ_c^+ /, то в области фрагментации нейтронного пучка с большей вероятностью происходило бы рождение изотопически сопряженного состояния с отрицательным электрическим зарядом, что, в частности, и наблюдалось на БИС-2 для рождения $\Sigma^-(1385)$ и $\Sigma^+(1385)$. Однако в аналогичных спектрах инвариантных масс систем с отрицательным суммарным зарядом, $K_S^0 p \pi^- \pi^-$ и $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$ /состояние, зарядово-сопряженное $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$ / статистически значимых пиков нет /пунктирные линии на рис.7а и 7б/. Следовательно, наблюдаемые распады не могут быть распадами странных барионов. Таким образом, возможна лишь единственная интерпретация обнаруженных узких пиков: они являются проявлением Кабиббо разрешенных распадов очарованного бариона Λ_c^+ :

$$\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^- \quad /1/$$

$$\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^- \quad /2/$$

Это первое наблюдение адронного рождения очарованных частиц при энергиях менее 100 ГэВ.

Распад /2/ наблюдался ранее в экспериментах /20/. Распад /1/ ранее не наблюдался.

На рис.8а 8б приведены для сравнения результаты последних экспериментов на встречных протонных пучках в ЦЕРНе, в которых наблюдалось образование Λ_c^+ /рис.8а - результат работы /21/, рис.8б - работы /22/. Как видно из сравнения рис.7а и б и рис.8а и б, отношение сигнал/фон, достигнутое на БИС-2, значительно лучше. На БИС-2 наблюдалось большее, чем в любом другом эксперименте, число очарованных барионов /см. таблицу/.

Среднее значение массы Λ_c^+ , измеренное на БИС-2, равно 2268 ± 6 МэВ/с². Отношение парциальных ширин распадов:

$$V_1 (\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-) / V_2 (\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-) = 4,3 \pm 1,2.$$

На БИС-2 впервые получены экспериментальные данные о динамике адронного рождения очарованных барионов при энергиях, отличных от энергий встречных накопительных колец в ЦЕРНе.

На рис.9 приведено измеренное на БИС-2 распределение Λ_c^+ по поперечному импульсу p_T . Распределение хорошо аппроксимируется экспоненциальной функцией $\sim \exp(-b \cdot p_T)$ при значении параметра $b = 2,5 \pm 0,6$ ГэВ/с⁻¹ /пунктирная линия/. Это значение совпадает с величиной, определенной на встречных протонных пучках при $\sqrt{s} = 62$ ГэВ /29/.

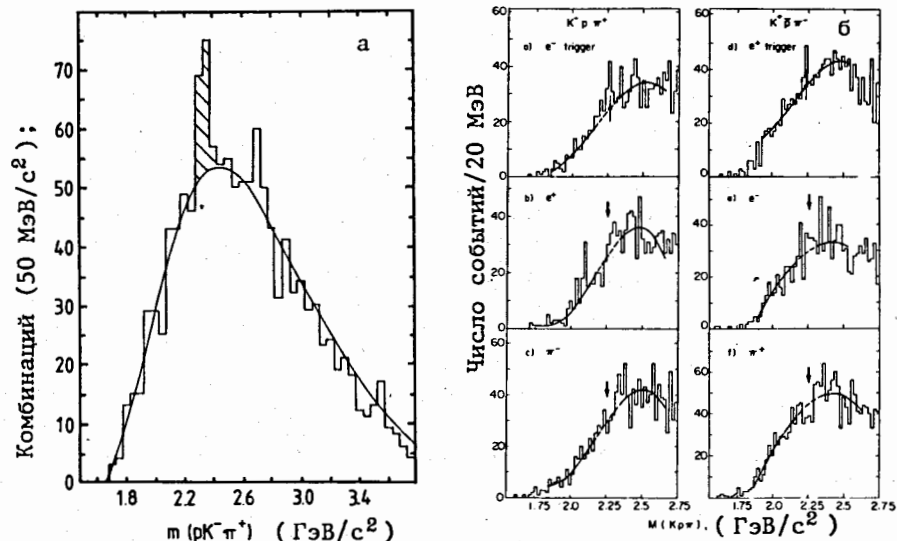


Рис.8. Полученные на встречных протонных пучках в ЦЕРНе спектры масс, в которых наблюдалось образование Λ_c^+ : а/ работа /21/, б/ работа /22/.

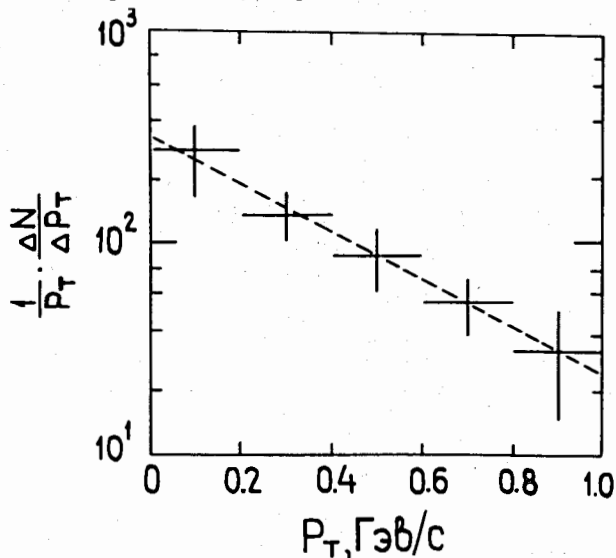


Рис.9. Распределение Λ_c^+ -барионов по P_T и аппроксимация этого распределения экспоненциальной зависимостью.

Кинематическая область, в которой на БИС-2 регистрируются Λ_c^+ , ограничена условиями: $P_T \leq 1$ ГэВ/с и $x = P_L^* / P_{\max}^* > 0,5$, где P_L^* и P_{\max}^* - соответственно продольная составляющая импульса и максимально возможный импульс Λ_c^+ в с.цм.

Таблица
Эксперименты, в которых наблюдалось наибольшее число Λ_c^+ .
Адронное рождение

Установка, эксперимент	\sqrt{s} ГэВ	Канал распада Λ_c^+	Число событий
LSM			
Руббин и др., 79 г. /23/	63	$\rightarrow K^- p \pi^+$	98
		$\rightarrow \Lambda^0 p \pi^+ \pi^-$	12
"-" , 81 г. /22/	63	$\rightarrow K^- p \pi^+$	53±20
Локман и др., 79 г. /24/	53,62	$\rightarrow K^- p \pi^+$	18
		$\rightarrow \Lambda^0 p \pi^+ \pi^-$	18
SFM			
Дрияр и др., 79 г. /25/	62,8	$\rightarrow K^- p \pi^+$	90
Зикики и др., 81 г. /21/	62	$\rightarrow K^- p \pi^+$	53
БИС-2			
	10,5	$\rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$	130±18
		$\rightarrow \Lambda^0 p \pi^+ \pi^-$	57±14

Фото- и электро рождение Λ_c^+

Эксперимент	Канал распада	Число событий
$e^+e^- = 5,2$ ГэВ (SPEAR) /20/	$\Lambda_c^+ \rightarrow K^- p \pi^+$	39
фоторождение /27/ (FNAL)	$\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{\Lambda}^0 p \pi^+ \pi^-$	60
фоторождение /28/ (FNAL)	$\Lambda_c^+ \rightarrow p \bar{K}_s^0 + \Lambda_c^+ \rightarrow \bar{p} K_s^0$	55±10

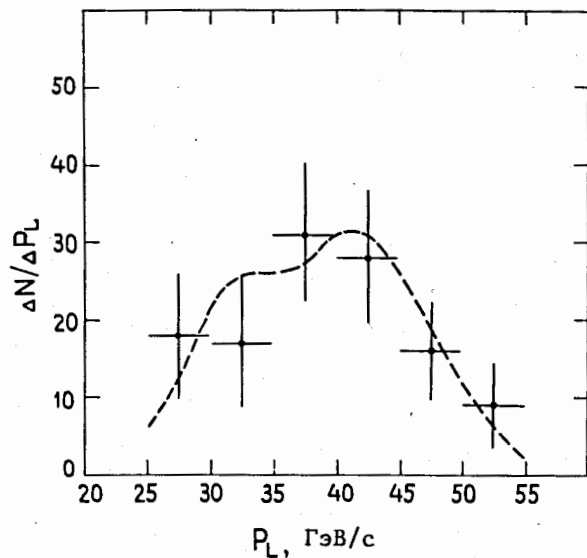


Рис.10. Распределение зарегистрированных Λ_c^+ -барионов по P_L и аппроксимация этого распределения моделью /см. текст/.

На рис.10 представлено распределение Λ_c^+ по P_L . Если инвариантное сечение инклюзивного рождения Λ_c^+ представить в виде $E d^3\sigma/dp^3 \propto \exp(-b \times p_T) \times f(x)$, где $b = 2,5$ (ГэВ/с) $^{-1}$, а $f(x) = (1-x)^n$, то приведенному экспериментальному распределению по P_L соответствует значение $n = 1,5 \pm 0,5$ /пунктирная кривая на рис.10/. Такое значение параметра n согласуется с предсказаниями моделей кваркового счета^{/30/} и свидетельствует о существенной роли процессов образования Λ_c^+ в области фрагментации первичных нейтронов.

Обнаружена асимметрия распадов Λ_c^+ относительно плоскости их рождения^{/31/}. Такая асимметрия свидетельствует о нарушении P -четности в процессе распада /т.е. о том, что это распад за счет слабого взаимодействия/ и о поляризации Λ_c^+ в процессе рождения. Из полученных значений асимметрии следует, что для Λ_c^+ поляризация $P \geq 52 \pm 22\%$ при среднем поперечном импульсе $P_T = 0,43$ ГэВ/с.

Непосредственно измеренные в эксперименте произведения сечения рождения Λ_c^+ в наблюдаемой области $x \geq 0,5$ на вероятности распадов по регистрируемым каналам /1/ и /2/, $\sigma(x \geq 0,5) \times V(i)$, составляют соответственно 10 ± 4 и $2,3 \pm 1,1$ мкб на ядро углерода. Возможные систематические ошибки, обусловленные в основном неточностью измерения спектра нейтронов, не превышают 40%.

Табличное значение $V(2) \leq 3,1\%$ ^{/32/} дает нижнюю границу сечения $\sigma(x \geq 0,5) \geq 73$ мкб на ядро углерода. Значение $V(2) = 2,2\%$, полученное усреднением результатов работ^{/22/ и /24/}, дает $\sigma(x \geq 0,5) = 105$ мкб на ядро углерода. Предполагая, что сечение рождения Λ_c^+ на ядрах в наблюдаемом кинематическом интервале пропорцио-

нально $\Lambda^{2/3}$ /см., например,^{/33/}, получаем соответственно $\sigma(x \geq 0,5) \geq 14$ мкб на нуклон и $\sigma(x \geq 0,5) = 20$ мкб на нуклон. Экстраполяция величин $\sigma(x \geq 0,5)$ на весь кинематический интервал $x > 0$ в рамках моделей, не противоречащих наблюдаемому распределению по продольным импульсам при $x \geq 0,5$, увеличивает сечение на фактор от 1,1 до 3,1.

Таким образом, сечение рождения очарованных частиц нейтронами в рассматриваемой области энергий /эффективная энергия ≈ 58 ГэВ/ выше, чем предсказывало большинство теоретических моделей^{/5-7,34/}, в частности, расчеты по пертурбативной КХД. Полученная нижняя граница сечения рождения Λ_c^+ и распределение по x в области $x \geq 0,5$ совместимы с моделями^{/35-38/}.

Рост сечения рождения Λ_c^+ нуклонами в интервале энергий от серпуховского ускорителя до НК в ЦЕРНе не превышает одного порядка.

Работы БИС-2 показали возможность и перспективность исследования очарованных частиц при серпуховских энергиях, т.е. открыли новую область их исследования. Область энергий серпуховского ускорителя для исследования очарованных частиц не только представляет особый интерес ввиду близости к порогу рождения этих частиц, но и является благоприятной для их исследований из-за лучших, чем при более высоких энергиях, фоновых условий.

3. ОБНАРУЖЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКОГО БАРИОННОГО РЕЗОНАНСА^{/39/}

Наблюдение узкого барионного резонанса иллюстрируется рис.11, на котором виден статистически значимый узкий пик в спектре эффективных масс системы $\Sigma^-(1385)K^+$.

События из пика и из соседних с пиком интервалов имеют различную природу. Существенно различаются их распределения по поперечному импульсу /рис.12/. Различны также распределения по углу Треймана-Янга и по углу, характеризующему каскадный распад резонанса.

Наблюденный пик не может быть объяснен кинематическим отражением какого-либо странного барионного резонанса из-за ошибочной идентификации положительно заряженной частицы / K^+ вместо π^+ / и не может быть идентифицирован с известным резонансом $\Delta(1950)$.

Обнаруженный узкий барионный резонанс, обозначенный N_ϕ , имеет массу 1956_{-6}^{+8} МэВ/с² и ширину 27 ± 15 МэВ/с².

Анализ процессов рождения и распада N_ϕ показывает:

а/ распределение по фейнмановской переменной x имеет максимум при $x = 1$;

б/ рождение N_ϕ наблюдается только в случае отсутствия других заряженных частиц в области фрагментации пучка;

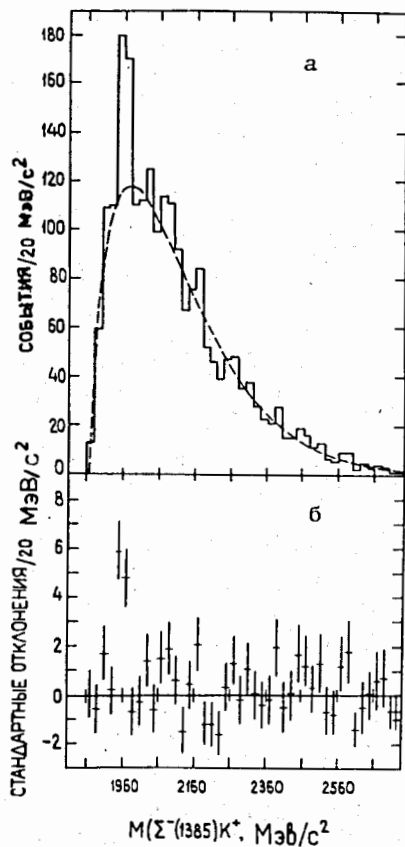
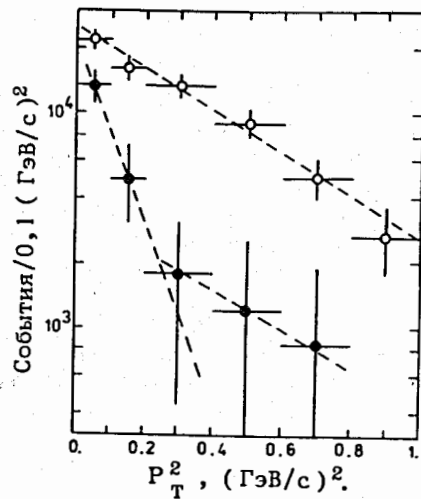


Рис.11. а/ Спектр инвариантных масс системы $(\Sigma^-(1385)K^+)$ для событий с $P_T^2 \leq 0,24$ (ГэВ/с)² и аппроксимация этого спектра гладкой фоновой кривой; б/ величины стандартных отклонений от фоновой кривой.

Рис.12. Распределения по P_T^2 для фоновых событий (о) и событий из пика после вычитания фона (●).



в/ параметр наклона b дифференциального сечения рождения в зависимости от p_T^2 имеет величину $9,9 \pm 3,0$ (ГэВ/с)⁻², характерную для процессов дифракционной диссоциации нуклона на нуклоне при рассматриваемых значениях массы, тогда как для фоновых событий из соседних с N_ϕ интервалов по массе $b = 2,2 \pm 0,2$ (ГэВ/с)²;

г/ возможны только натуральные значения спин-четности: $5/2^+$, $7/2^-$ и т.д. Такие значения удовлетворяют правилу Грибова-Моррисона для дифракционной диссоциации нейтрона;

д/ выделенным направлением в распаде N_ϕ является направление пучка нейтронов.

Совокупность указанных данных свидетельствует, что N_ϕ рождаются нейтронами в периферических процессах, возможно, в процессах дифракционного типа.

Произведение сечения рождения N_ϕ в нейтрон-углеродных взаимодействиях на вероятность его распада по наблюдаемому каналу, $\sigma(N_\phi)_c \cdot B$ равно $1,15 \pm 0,37$ мкб на ядро углерода. Полагая $\sigma \sim A^{2/3}$,

что характерно для дифракционных процессов, получаем $\sigma(N_\phi)_N \cdot B = 0,22 \pm 0,07$ мкб на нуклон.

Малая ширина N_ϕ не может быть объяснена в рамках стандартных представлений о трехкварковой структуре бариона. Возможно, что N_ϕ является пятикварковой системой ($udd\bar{s}\bar{s}$). Существование таких состояний и их проявление в виде узких резонансов обсуждается в теоретических работах [9-11,40]. Естественным механизмом для рождения такой системы может быть дифракционный процесс. Возможна также интерпретация N_ϕ как пятикварковой системы в рамках предсказаний работы [41]. В этом случае N_ϕ должен распадаться на частицу из декуплета и на частицу из октета /т.е. на $\Sigma(1385)$ и на K -мезон/. Тогда малая ширина N_ϕ может быть следствием малости фазового объема для таких распадов.

Все приведенные в настоящем сообщении результаты получены единым методом - путем анализа образуемых в области фрагментации нейтронного пучка узких пиков в спектрах эффективных масс барионных систем, включающих нейтральные странные частицы.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности установки БИС-2 и используемого экспериментального подхода для решения поставленной физической задачи и являются существенным доводом в пользу продолжения и развития проводимых на БИС-2 исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aubert J.J. et al. Phys.Rev.Lett., 1974, 33, p.1404; Augustin J.E. et al. Phys.Rev.Lett., 1974, 33, p.1514.
2. Кривохижин В.Г. и др. ОИЯИ, Б2-1-9414, Дубна, 1975.
3. Айхнер Г. и др. ЯФ, 1978, 28, с.663; Айхнер Г. и др. ЯФ, 1979, 29, с.94.
4. Boratav M. CERN/EP, 79-40, Geneva, 1979.
5. Halzen F., Matsuda S. Phys.Rev., 1973, D17, p.1344.
6. Babcock J. et al. Phys.Rev., 1978, D18, p.162; Phys.Rev., 1978, D18, p.2301.
7. Картвелишвили В.Г., Лиходед А.К., Слабоспицкий С.Р. ЯФ, 1978, 28, с.131.
8. Антипов Ю.М. и др. Письма в ЖЭТФ, 1978, 28, с.495.
9. Hogaasen H., Sorba P. Nucl.Phys., 1978, B145, p.119.
10. Fukugita M. et al. Phys.Lett., 1978, 74B, p.261.
11. De Crombrughe M., Hogaasen H., Sorba P. Nucl.Phys., 1979, B156, p.347.
12. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, 1-81-67, Дубна, 1981.
13. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980.
14. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-82-353, Дубна, 1982.
15. Gunion J.F. Phys.Lett., 1979, 88B, p.150.
16. Алеев А.Н. и др. ЯФ, 1983, 37, с.1480.
17. Erhan S. et al. Phys.Lett., 1979, 82, p.301.

18. Aleev A.N. et al. PHE 83-1, Berlin, 1983; PHE 83-5, Berlin, 1983.
19. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Д1-83-865, Дубна, 1983; ОИЯИ, Д1-82-893, Дубна, 1982; ЯФ, 1983, 37, с.1474; ЯФ, 1982, 35, с.1175.
20. Knapp B. et al. Phys.Rev.Lett., 1976, 37, p.882.
21. Besile M. et al. Nuovo Cim., 1981, 63A, p.230.
22. Irion I. et al. Phys.Lett., 1981, 99B, p.495.
23. Giboni K.L. et al. Phys.Lett., 1979, 85B, p.437.
24. Lockman W. et al. Phys.Lett., 1979, 85B, p.443.
25. Driyard D. et al. Phys.Lett., 1979, 85B, p.452.
26. Abrams G.S. et al. Phys.Rev.Lett., 1980, 44, p.10.
27. Knapp B. et al. Phys.Rev.Lett., 1976, 37, p.882.
28. Russell I. et al. Phys.Rev.Lett., 1981, 46, p.799.
29. Basile M. et al. Lett.Nuovo Cim., 1981, 30, p.481.
30. Gunion J. Phys.Lett., 1979, 88B, p.150; Абесалашвили Л.Н. и др. ЯФ, 1980, 32, с.1420.
31. Алеев А.Н. и др. Краткие сообщения ОИЯИ, 1-84, Дубна, 1984, с.13.
32. Roos M. et al. Phys.Lett., 1982, 111B, p.1.
33. Barton D.S. et al. Phys.Rev., 1983, D27, p.2580.
34. Fritzsh H. Phys.Lett., 1977, 67B, p.217; Halzen F. Phys.Lett., 1977, 69B, p.105; Jones L.M., Wyld H.W. Phys.Rev., 1978, D17, p.1782; Georgi M.M. et al. Ann.Phys., 1978, 114, p.273; Gluck M. et al. Phys.Rev., 1978, D17, p.2324; Carlson C.E., Suaya R. Phys.Rev., 1978, D18, p.760; Phys.Lett., 1979, 81B, p.329; Hagiwara K., Yoshino T. Phys.Lett., 1979, 80B, p.282; Combridge B. Nucl.Phys., 1979, B151, p.429; Afek Y. et al. Phys.Rev., 1980, D22, p.86,93; Winder R., Michael C. Nucl.Phys., 1980, B173, p.59; Ganduli S.W., Schouten M. Z.Phys., 1983, C19, p.83; Odorico R. Phys.Lett., 1981, 107B, p.231; Barger V. et al. Phys.Rev., 1981, D24, p.1428; 1982, D25, p.112.
35. Mazzanti P., Wada S. Phys.Rev., 1982, D26, p.602.
36. Brodsky S.J. et al. Phys.Lett., 1980, 93B, p.451; Phys.Rev., 1981, D23, p.2745.
37. Боресков К.Г., Кайдалов А.Б. ЯФ, 1983, 37, с.174.
38. Трошин С.М., Тюрин Н.Е. ЯФ, 1983, 38, с.756.
39. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Р1-83-912, Дубна, 1983; ОИЯИ, Д1-83-602, Дубна, 1983; ОИЯИ, Д1-82-921, Дубна, 1982; ЯФ, 1982, 36, с.1420; ЯФ, 1981, 34, с.386.
40. Strottman D. Phys.Rev., 1979, D20, p.748.
41. Григорян А.А., Кайдалов А.Б. ЯФ, 1980, 32, с.540.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июля 1984 года.

Говорун Н.Н. и др. 1-84-457
Исследование адронного рождения и свойств очарованных частиц и узких барионных резонансов на серпуховском ускорителе.
/Физическое обоснование проекта ЧАРМ/. Основные результаты, полученные на установке БИС-2

Дан обзор опубликованных в 1980-84 гг. основных результатов, полученных с помощью установки БИС-2 ОИЯИ в пучке нейтронов серпуховского ускорителя. Наблюдено рождение очарованных Λ_c^+ -барионов, распадающихся на $\bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$. Распад $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ наблюден впервые. Исследована динамика рождения и измерено сечение рождения Λ_c^+ . Обнаружен узкий барионный резонанс в системе $\Sigma^-(1385)K^+$ с массой 1956_{-6}^{+8} МэВ и шириной 27_{+15} МэВ. Приводятся также результаты исследования процессов рождения нейтронами гиперонов и антигиперонов, в том числе дифракционной и когерентной диссоциации $n \rightarrow \Lambda^0 K^0$ и поляризации Λ^0 .

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод авторов

Govorun N.N. et al. 1-84-457
Investigation of Hadronic Production and the Properties of Charmed Particles and Narrow Baryon Resonances at the Serpukhov Accelerator

A review is given of main results obtained by means of a BIS-2 spectrometer (JINR) in a neutron beam of the Serpukhov accelerator. All results were published in 1980-1984. The production of charmed baryons Λ_c^+ , decaying into $\bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ and $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$, was observed. The $\bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ decay mode was observed for the first time. The dynamics of the production process was studied, and the production cross section was measured. An unknown narrow baryon resonance was observed in the $\Sigma^-(1385)K^+$ system. Its mass is 1956_{-6}^{+8} MeV and its width 27_{+15} MeV. Results on hyperon and antihyperon production by neutrons, including the diffraction and coherent dissociation $n \rightarrow \Lambda^0 K^0$, and on Λ^0 polarization are also presented.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984