



С. 3. 16. 067

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

6332/83

Д1-83-602

**ДИФРАКЦИОННОЕ РОЖДЕНИЕ  
УЗКОГО БАРИОННОГО РЕЗОНАНСА  
В НЕЙТРОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ**

**Сотрудничество БИС-2: Берлин-Будапешт-  
Дубна-Москва-Прага-София-Тбилиси**

Направлено в Оргкомитет Международной  
конференции по физике высоких энергий, Брайтон,  
июль 1983 года.

**1983**



А.Н.Алеев, В.А.Арефьев, В.П.Баландин, В.К.Бирулев,  
Т.С.Григалашвили, Б.Н.Гуськов, И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко,  
Д.А.Кириллов, И.Г.Косарев, В.Р.Крацев, Н.А.Кузьмин, Б.А.Кулаков,  
М.Ф.Лихачев, А.Л.Любимов, А.Н.Максимов, А.Н.Морозов,  
Нгуен Монг Зао, А.Е.Сеннер, Л.В.Сильвестров, В.Е.Симонов,  
Л.А.Слепец, М.Смижанска, П.Т.Тодоров, Р.К.Траянов, В.Д.Чолаков,  
А.С.Чвыров  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Х.Новак, А.В.Позе, Х.-Э.Рызек, К.Хиллер  
Институт физики высоких энергий АН ГДР, Берлин-Цойтен

А.С.Белюсов, Я.А.Ваздик, Е.И.Малиновский, С.В.Русаков,  
Ю.В.Соловьев, А.М.Фоменко, П.Н.Шарейко, Л.Н.Штарков  
Физический институт им. П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

Е.А.Чудаков  
Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

Я.Гладки, С.Немечек, М.Новак, А.Прокеш  
Физический институт ЧСАН, Прага

В.Й.Заячки  
Высший химико-технологический институт, София

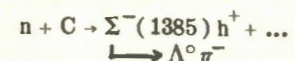
Д.Т.Бурилков, В.И.Генчев, И.М.Гешков, П.К.Марков  
Институт ядерных исследований и ядерной энергетики, БАН, София

Н.С.Амаглобели, В.П.Джорджадзе, В.Д.Кекелидзе, Н.Л.Ломидзе,  
Г.И.Никобадзе, Р.Г.Шанидзе  
Научно-исследовательский институт физики высоких энергий, ТГУ,  
Тбилиси

В экспериментах<sup>/1-3/</sup>, выполненных в нейтронном пучке серпуховского ускорителя, был наблюден узкий барионный резонанс  $N_\phi$ . Зарегистрированы двухчастичные распады резонанса на  $\Sigma^-(1385)$  и  $K^+$ . Масса резонанса равна  $1960 \text{ МэВ}/c^2$  а его ширина меньше, чем  $30 \text{ МэВ}/c^2$ .

В данной работе представлены новые результаты по изучению этого резонанса. Эксперимент был проведен в нейтронном пучке серпуховского ускорителя с помощью установки БИС-2<sup>/4/</sup>. Импульсный спектр пучка приведен на рис.1. Использовалась углеродная мишень толщиной  $\sim 6 \text{ г}/\text{см}^2$ . Логика запуска установки требовала, чтобы через всю установку прошло не менее 4 заряженных частиц. Зарегистрировано  $11,4 \cdot 10^6$  событий нейтрон-углеродных взаимодействий, что соответствует интегральному потоку нейтронов через мишень  $M_n = 6 \cdot 10^{11}$ .

Искались события типа

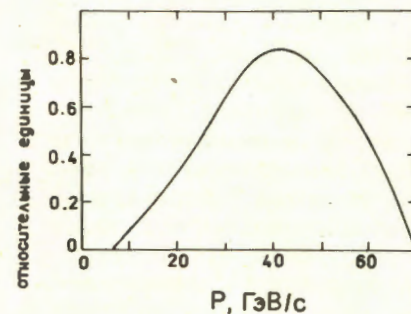


/1/

Геометрия спектрометра обуславливала регистрацию таких событий, в которых  $\Sigma^-(1385)$  и заряженный адрон  $h^+$  рождались в основном в области фрагментации нейтронного пучка. Отбирались события, имеющие "нейтральную вилку", соответствующую распаду  $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$ , с вершиной, расположенной вне области мишени, и только одну отрицательную  $\pi^-$  и одну положительную  $h^+$  частицы, рожденные в мишени. Требовалось, чтобы траектории всех трех частиц  $\Lambda^0$ ,  $\pi^-$  и  $h^+$  хорошо "сшивались" в области мишени. Для анализа были отобраны события, удовлетворяющие условиям:

$$d(\Lambda^0, \pi^-, h^+) < 0,6 \text{ см}, \quad |\Delta z| < 15 \text{ см}, \quad P_s > 28 \text{ ГэВ}/c,$$

/2/



где  $d(\Lambda^0, \pi^-, h^+)$  - среднее квадратическое расстояние между траекториями частиц и восстановленной вершиной взаимодействия,  $\Delta z$  - расстояние вдоль оси пучка между восстановленной вершиной взаимодействия и центром мишени,  $P_s$  - суммарный импульс каждого события. Ограничение на

Рис.1. Импульсный спектр нейтронов.

Объединенный институт  
высокой энергии  
ИБЯЛ

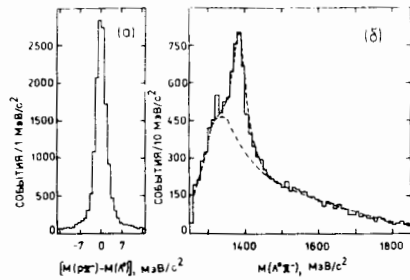


Рис.2. а/ Распределение "нейтральных вилков" по инвариантной массе  $M(\rho\pi^-)$  в области массы  $M(\Lambda^0) = 1115,6$  МэВ/с<sup>2</sup>; б/спектр инвариантных масс системы  $(\Lambda^0 \pi^-)$ ; пунктирная кривая - результат аппроксимации распределения резонансной и фоновой кривыми.

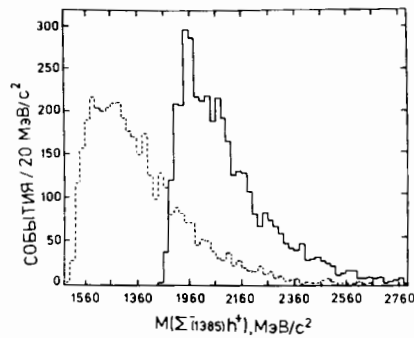


Рис.3. Распределение событий по инвариантной массе системы  $(\Sigma^-(1385) h^+)$  в предположении, что  $h^+$  является каоном /сплошная гистограмма/ или пионом /пунктирная гистограмма/.

величину  $P_s$  требовалось в соответствии с рассчитанной эффективностью регистрации спектрометром событий типа /1/.

На рис.2а приведено распределение выделенных событий по инвариантной массе "нейтральных вилков"  $M(\rho\pi^-)$ . Виден четкий сигнал зарегистрированных  $\Lambda^0$  гиперонов, за которые принимались "нейтральные вилки" с инвариантной массой  $M(\rho\pi^-)$ , отличающейся от  $M(\Lambda^0) = 1115,6$  МэВ/с<sup>2</sup> не более, чем на 7 МэВ/с<sup>2</sup>. Было отобрано 13711 событий, содержащих  $\Lambda^0$ , при фоне 10%.

На рис.2б показано распределение отобранных событий по инвариантной массе  $M(\Lambda^0 \pi^-)$ . Виден четкий сигнал распадов  $\Sigma^-(1385) \rightarrow \Lambda^0 \pi^-$ . Пунктирная кривая соответствует аппроксимации этого распределения функцией, состоящей из резонансной кривой Брейта-Вигнера и полиномиальной фоновой кривой. Полученные значения массы и ширины резонанса находятся в хорошем согласии с характеристиками  $\Sigma^-(1385)^{5/}$ . Для выделения событий, содержащих  $\Sigma^-(1385)$ , требовалось, чтобы величина  $M(\Lambda^0 \pi^-)$  отличалась от массы  $\Sigma^-(1385)$  не более, чем на 35 МэВ/с<sup>2</sup>. С учетом этого условия выделено 3970 событий, кандидатов процесса /1/.

На рис.3 приведены спектры инвариантных масс системы  $(\Sigma^-(1385) h^+)$  для выделенных событий, в предположении, что  $h^+$  является пионом /пунктирная гистограмма/, или каоном /сплошная гистограмма/. В последнем спектре виден четкий пик в районе массы 1960 МэВ/с<sup>2</sup>. Около 150 событий в пике над 430 фоновыми событиями, определенными усреднением по двум соседним /справа и слева/ интервалам, соответствуют более 7 стандартным отклонениям. Ширина пика  $\approx 40$  МэВ/с<sup>2</sup> в 4 раза больше экспериментального разрешения для такой системы. Если этот пик является

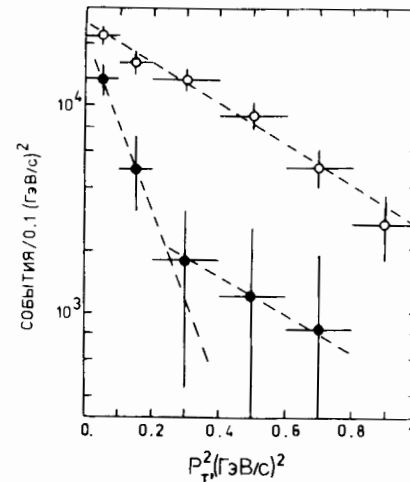


Рис.4. Спектры по величине  $P_T^2$  для резонансных /черные кружки/ и фоновых /светлые кружки/ событий. Пунктирными линиями показаны аппроксимации этих спектров /см. текст/.

кинематическим отражением какого-либо странного резонанса, то более узкий пик должен наблюдаться в спектре инвариантных масс  $M(\Sigma^-(1385)\pi^+)$ . Но в таком распределении нет статистически значимых узких пиков. Следовательно, можно сделать заключение о том, что наблюдаемый пик соответствует распадам узкого резонанса  $N_\phi$  по каналу:

$$N_\phi \rightarrow \Sigma^-(1385) K^+ \quad /3/$$

Для большинства зарегистрированных событий величина квадрата поперечного импульса  $P_T^2 < 1,0$  /ГэВ/с<sup>2</sup>. Были построены спектры по  $P_T^2$  для событий из области пика,  $1940 < M(\Sigma^-(1385)K^+) < 1980$  МэВ/с<sup>2</sup>, и для фоновых событий из двух соседних интервалов. Последнее распределение, поправленное с учетом эффективности регистрации событий, представляет собой распределение по  $P_T^2$  для рожденных фоновых событий/светлые кружки на рис.4/и хорошо аппроксимируется экспоненциальной зависимостью  $\exp(-b \cdot P_T^2)$  при  $b = /2,2 \pm 0,2/$  /ГэВ/с<sup>-2</sup>. Разность двух спектров по  $P_T^2$  для событий из пика и фоновых событий, поправленная с учетом эффективности их регистрации /черные кружки на рис.4/, представляет собой спектр по  $P_T^2$  для рожденных резонансных событий. Это распределение имеет острый пик при малых значениях  $P_T^2$ . При аппроксимации полученного распределения выражением:  $a_1 \cdot \exp(-b_1 \cdot P_T^2) + a_2 \cdot \exp(-b_2 \cdot P_T^2)$  было определено:  $b_1 = /9,9 \pm 3,0/$  /ГэВ/с<sup>-2</sup> и  $b_2 = /2,1 \pm 3,6/$  /ГэВ/с<sup>-2</sup> /пунктирные линии на рис.4/. Полученные значения параметров показывают, что резонанс рождается в основном при

$$P_T^2 < 0,24 \text{ (ГэВ/с)}^2 \quad /4/$$

Значение параметра  $b_1$  близко к величине соответствующего параметра для дифракционной диссоциации нейтрона на нуклоне/6/. Следовательно, можно сделать вывод о том, что резонанс рождается в процессе дифракции нейтронов на квазисвободных нуклонах ядер углерода. Это утверждение также подтверждается отсутствием какого-либо статистически значимого выброса в спектре эффектив-

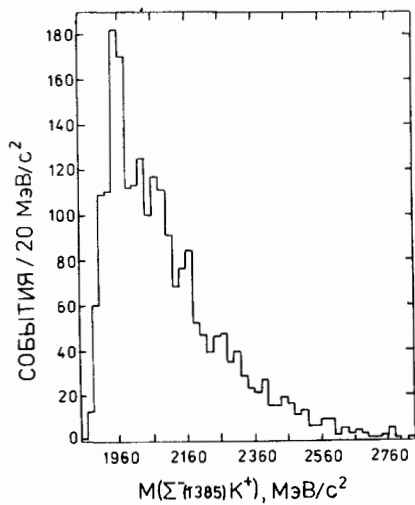


Рис.5. Спектр инвариантной массы системы  $(\Sigma^-(1385)K^+)$  для событий, отобранных при условии  $P_T^2 < 0,24 \text{ ГэВ}/c^2$ .

ных масс системы  $(\Sigma^-(1385)K^+)$  для событий, в которых зарегистрировано более чем три частицы  $/\Lambda^0, \pi^-$  и  $h^+$ /. При дифракции нейтрона в систему  $\Sigma^-(1385)h^+$  для образования нейтрального нестрannого барионного состояния требуется, чтобы  $\Sigma^-(1385)$  сопровождался  $K^+$ . Следовательно, для резонансных событий  $h^+$  должен быть идентифицирован как  $K^+$  мезон, что и было предположено ранее.

Для 2189 событий, отобранных при условии  $/4/$ , отношение сигнала к фону для событий из области резонанса увеличивается. Спектр инвариантных масс  $M(\Sigma^-(1385)K^+)$  для этих событий показан на рис.5. Статистическая значимость наблюдаемого резонанса около массы  $1960 \text{ МэВ}/c^2$  составляет более 8 стандартных отклонений.

На рис.6 показано распределение резонансных событий по величине  $\cos\theta_{GJ}$ , отобранных с условием  $/4/$ . Это распределение построено после вычитания фона и учета эффективности регистрации. Здесь  $\theta_{GJ}$  - угол Готтфрида-Джексона, который измеряется между импульсами  $\Sigma^-(1385)$  и нейтрона в системе центра масс резонанса. Импульс нейтрона вычислялся в предположении, что резонанс образуется в процессе дифракционной диссоциации нейтрона на нуклоне. В приведенном распределении имеется указание на два пика, соответствующих вылету  $\Sigma^-(1385)$  вперед и назад относительно направления пучка нейтронов.

Произведение сечения рождения резонанса  $\sigma$  на вероятность его распада  $V$  по наблюдаемому каналу определялось согласно выражению:

$$\sigma \cdot V = N \cdot A / (N_A \cdot T \cdot M_n \cdot V_o \cdot \epsilon),$$

где  $N$  - число зарегистрированных распадов резонанса  $N_\phi$ ,  $A$  - атомный номер ядра углерода,  $N_A$  - число Авогадро,  $T$  - толщина углеродной мишени,  $M_n$  - поток нейтронов через мишень,  $V_o$  - доля распадов наблюдаемых  $\Sigma^-(1385)$ ,  $\epsilon$  - эффективность наблюдения резонанса  $N_\phi$ , рассчитанная методом Монте-Карло с учетом условий эксперимента и анализа событий. Полученное значение величины  $\sigma \cdot V$  равно  $/0,8 \pm 0,2/ \mu\text{б}$  на ядро углерода.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Подтверждено существование узкого барионного резонанса  $N_\phi$ , распадающегося на  $\Sigma^-(1385)$  и  $K^+$ .

Масса резонанса  $1960 \pm 10 \text{ МэВ}/c^2$ , а ширина меньше, чем  $30 \text{ МэВ}/c^2$ .

Распределение резонансных событий по  $P_T^2$  характеризуется параметром наклона  $b = /9,9 \pm 3,0/ \text{ ГэВ}/c^{-2}$ , что соответствует рождению резонанса в процессе дифракции нейтронов на нуклонах ядерной мишени.

В распределении резонансных событий по  $\cos\theta_{GJ}$  есть указание на выделенное направление распада резонанса, вдоль направления полета нейтронов. Этим также подтверждается дифракционный характер механизма образования резонанса.

Произведение сечения рождения резонанса на вероятность распада по наблюдаемому каналу равно:

$$\sigma \cdot V = /0,15 \pm 0,04/ \mu\text{б} \text{ на нуклон.}$$

При переходе от сечения на ядре к сечению на нуклоне учитывалась зависимость  $\sigma \sim A^{2/3}$ , в соответствии с дифракционным механизмом рождения  $N_\phi$ .

Малая ширина  $N_\phi$  и его распад на странные частицы позволяют предположить, что он состоит из пяти кварков  $udds\bar{s}$ . Возможность существования таких резонансных состояний обсуждается в ряде теоретических работ  $/7/$ .

Авторы глубоко признательны А.М.Балдину, А.Н.Тавхелидзе и И.А.Савину за поддержку экспериментов и постоянный интерес

к работе. Авторы благодарны И.М.Граменицкому, В.Г.Кадышевскому, А.Б.Кайдалову и В.А.Матвееву за полезные обсуждения.

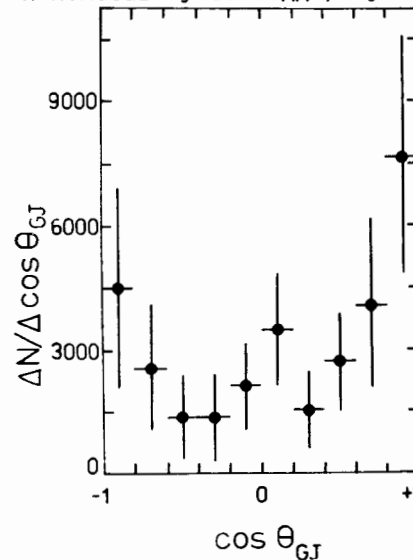


Рис.6. Распределение рожденных резонансных событий по величине  $\cos\theta_{GJ}$ .



ЛИТЕРАТУРА

1. Алеев А.Н. и др. ЯФ, 1981, 34, с. 386; ОИЯИ, Е1-80-726, Дубна, 1980.
2. Алеев А.Н. и др. ЯФ, 1982, 36, с. 1420; ОИЯИ, Д1-82-116, Дубна, 1982.
3. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Д1-82-921, Дубна, 1982.
4. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980; Бурилков Д.Т. и др. ОИЯИ, 10-80-656, Дубна, 1980; Бурилков Д.Т. и др. ОИЯИ, 10-81-772, Дубна, 1981; Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, 1-81-67, Дубна, 1981; Максимов А.Н. и др. ОИЯИ, 1-81-574, Дубна, 1981.
5. Roos M. et al. Phys.Lett., 1981, 111В, р. 1.
6. Albrow M.G. et al. Nucl.Phys., 1976, В108, р. 1; Babaev A. et al. Nucl.Phys., 1976, В116, р. 28.
7. Hogaasen H. Sorba P. Nucl.Phys., 1978, В145, р. 119; De Crombrugghe M., Hogaasen H., Sorba P. Nucl.Phys., 1979, В156, р. 347; Strottman D. Phys.Rev., 1979, D20, р. 748.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 августа 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 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

Алеев А.Н. и др.

Д1-83-602

Дифракционное рождение узкого барионного резонанса в нейтрон-углеродных взаимодействиях

В экспериментах<sup>/1-3/</sup> был наблюден узкий барионный резонанс  $N_{\phi}$  с массой  $1960 \text{ МэВ}/c^2$ , распадающийся на  $\Sigma^{-}(1385)$  и  $K^{+}$ . В данной работе представлены результаты исследования механизма образования этого резонанса. Показано, что резонанс рождается в процессе дифракции падающего пучка нейтронов в систему  $\Sigma^{-}(1385)K^{+}$ . Для величины параметра наклона дифференциального сечения рождения резонанса  $d\sigma/dP_T^2 \approx e^{-b \cdot P_T^2}$  было получено  $b = (9,9 \pm 3,0) (\text{ГэВ}/c)^{-2}$ . Произведение сечения рождения резонанса на вероятность его распада по наблюдаемому каналу равно  $\sigma \cdot B = (0,15 \pm 0,04) \mu\text{б}$  на нуклон.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Aleev A.N. et al.

D1-83-602

Diffraction Production of a Narrow Baryon in Neutron-Carbon Interactions

A narrow baryon resonance  $N_{\phi}$  with a mass of  $1960 \text{ MeV}/c^2$ , decaying into  $\Sigma^{-}(1385)$  and  $K^{+}$ , was observed in the experiments<sup>/1-3/</sup>. In this paper we present results of an investigation of the resonance production mechanism. It is shown that the resonance is produced in the diffraction of an incident neutron beam into a  $\Sigma^{-}(1385)K^{+}$  system. For the slope parameter of the production differential cross section  $d\sigma/dP_T^2 \approx e^{-b \cdot P_T^2}$ ,  $b = (9.9 \pm 3.0) (\text{GeV}/c)^{-2}$ . The cross section  $\sigma$  for the resonance production times the branching ratio  $B$  of the observed decay mode is  $\sigma \cdot B = (0.15 \pm 0.04) \mu\text{b}$  per nucleon.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод авторов.