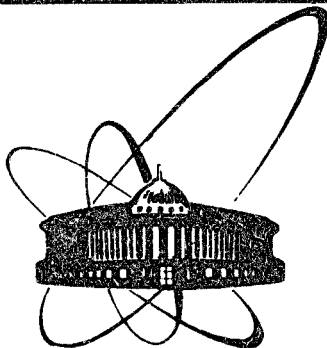


82-116



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2332/82

19/v-82

Д1-82-116

2.11.82

НАБЛЮДЕНИЕ

УЗКОГО БАРИОННОГО РЕЗОНАНСА,
РАСПАДАЮЩЕГОСЯ НА $\Sigma^- (1385)$ И K^+

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

Направлено в журнал "Ядерная физика"
и в Оргкомитет XXI Международной конференции
по физике высоких энергий /Париж, август 1982 г./

1982

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, Н.А.Кузьмин, Б.А.Кулаков,
М.Ф.Лихачев, А.Л.Любимов, А.Н.Максимов, А.Н.Морозов,
Нгуен Монг Зао, Х.Новак, А.Е.Сеннер, Л.В.Сильвестров,
В.Е.Симонов, Л.А.Слепец, Р.К.Траянов, П.Т.Тодоров, А.С.Чвыров
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

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

А.С.Белоусов, 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

Э.Д.Молодцов
Институт ядерных исследований АН СССР, 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

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

В эксперименте ^{1/}, выполненном на нейтронном пучке серпуховского ускорителя, было получено указание на существование узкого резонанса с массой около 1,95 ГэВ/с², распадающегося на $\Sigma^-(1385)$ и K^+ . Подтверждение существования этого резонанса и исследование его свойств представляют существенный интерес, поскольку возможно, что этот резонанс является пятикварковым барионным состоянием.

В данной работе приведены новые результаты по поиску этого резонанса, полученные в эксперименте, проводимом в настоящее время на том же пучке серпуховского ускорителя, но с помощью более совершенного спектрометра БИС-2 ^{2/}. Для регистрации заряженных частиц в спектрометре применяются двухкоординатные пропорциональные камеры, расположенные до и после магнита. Две из 11 камер /одна до и одна после магнита/ повернуты по отношению к остальным на угол 10°. Для запуска спектрометра требуется, чтобы через него прошло не менее 4 заряженных частиц. Спектрометр работает на линии с ЭВМ ЕС-1040, с помощью которой осуществляется запись информации на магнитные ленты и контроль работы спектрометра. Приведенные данные основаны на анализе информации, соответствующей около 5,3x10⁶ запусков спектрометра.

Исследовалась реакция:



где Λ^0 и два заряженных адрона, h^- и h^+ , рождаются в основном в области фрагментации пучка нейтронов, средний импульс которых около 40 ГэВ/с. Заряженные частицы не идентифицировались.

Геометрическая реконструкция треков осуществлялась с помощью программ "Перун" ^{3/} и "Вью" соответственно на ЭВМ ЕС-1040 и CDC-6500. В этих программах применены несколько различающиеся алгоритмы поиска треков, что приводит к незначительному различию в эффективности восстановления событий. Большая часть событий /3,7x10⁶/ была обработана по программе "Перун". Для исключения ложных треков, генерированных программами геометрической реконструкции, использовался метод, описанный в работе ^{1/}.

Рассматривались 17898 событий, в которых кроме "нейтральной вилки" - пары треков частиц с противоположными знаками заряда, соответствующих топологии распада $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$, имелись еще только траектории двух частиц также с противоположными знаками за-

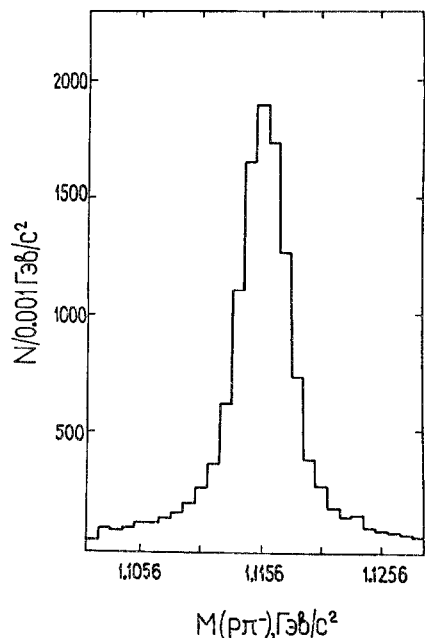


Рис. 1. Распределение событий по инвариантной массе $M(p\pi^-)$.

рядов. С помощью программ статистического анализа были исследованы геометрические и кинематические характеристики этих событий и найдены ограничения на их параметры с целью оптимального выделения распадов $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$ и $\Sigma^-(1385) \rightarrow \Lambda^0\pi^-$.

На рис. 1 показано распределение числа событий в зависимости от инвариантной массы $M(p\pi^-)$ двух частиц, образующих "нейтральную вилку", в предположении, что положительно заряженная частица - протон, а отрицательно заряженная - пион. При этом требовалось, чтобы величина минимального расстояния между треками в "нейтральной вилке" не превышала 0,9 см, а координата ее вершины отстояла от центра мишени не менее чем на 50 см по оси пучка. Пик в области массы лямбда-гиперона $M(\Lambda^0)$ соответствует зарегистрированным распадам $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$. Для дальнейшего анализа было оставлено 4646 событий, удовлетворяющих также условиям

$$|M(p\pi^-) - M(\Lambda^0)| < 0,0075 \text{ ГэВ/с}^2;$$

$$d(\Lambda^0 h^- h^+) < 0,6 \text{ см};$$

$$r(\Lambda^0 h^-) < 0,6 \text{ см};$$

$$|\Delta Z| < 9 \text{ см}$$

/2а/

и

$$\alpha = (P_{\Lambda_{\parallel}} - P_{h_{\parallel}}) / (P_{\Lambda_{\parallel}} + P_{h_{\parallel}}),$$

/2б/

где $d(\Lambda^0 h^- h^+)$ - среднее квадратическое расстояний между траекториями частиц и вершиной их взаимодействия, $r(\Lambda^0 h^-)$ - минимальное расстояние между траекториями Λ^0 и отрицательно заряженной частицы, ΔZ - расстояние по оси пучка между вершиной взаимодействия и центром мишени, $P_{\Lambda_{\parallel}}$ и $P_{h_{\parallel}}$ - проекции импульсов Λ^0 и h^- - частиц на направление векторной суммы этих

импульсов. Ограничение /2б/ на параметр α , определенный Арментаерсом /4/, для регистрируемых установкой продуктов распада $\Sigma^-(1385) \rightarrow \Lambda^0\pi^-$ следует из расчетов, выполненных методом Монте-Карло.

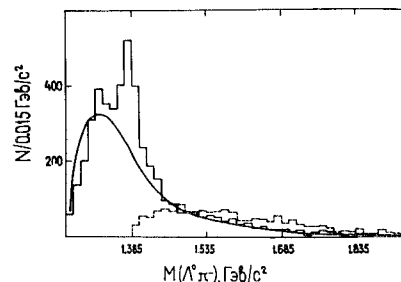


Рис. 2. Распределение событий по инвариантной массе $M(\Lambda^0\pi^-)$. Сплошная линия - события, удовлетворяющие условию $\alpha > 0,34$; пунктирная линия - события, удовлетворяющие условию $\alpha < 0,34$; плавная кривая - распределение фоновых событий.

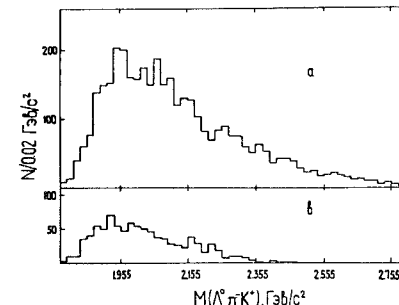


Рис. 3. Распределение числа событий в зависимости от инвариантной массы системы $\Lambda^0\pi^-K^+$, импульс которой: а/ $P > 28$ ГэВ/с; б/ $P < 28$ ГэВ/с.

На рис. 2 приведены спектры инвариантных масс подсистемы $\Lambda^0 h^-$, полученные в предположении, что отрицательно заряженной частицей является π^- . На гистограмме, полученной для отобранных событий /сплошная линия/ около масс $\Sigma^-(1385)$ и Ξ^- видны пики. Пунктиром показаны события, удовлетворяющие условиям /2а/, но при $\alpha < 0,34$. Распределение, качественно характеризующее поведение фоновых событий /рис. 2, гладкая кривая/, было получено, когда Λ^0 и π^- брались из разных событий. При этом требовалось, чтобы каждая такая комбинация удовлетворяла условиям /2/.

Распределения событий по величине инвариантной массы $M(\Lambda^0\pi^-K^+)$ системы $\Lambda^0 h^- h^+$, вычисленной в предположении, что положительно заряженная частица соответствует K^+ , а отрицательно заряженная π^- , показаны на рис. 3. На рис. 3а распределение построено при условии, что суммарный импульс частиц системы $\Lambda^0 h^- h^+$

$$P > 28 \text{ ГэВ/с},$$

/3/

а на рис. 3б - при условии, что $P < 28$ ГэВ/с. На рис. 3а в интервале масс

$$1,935 \text{ ГэВ/с}^2 < M(\Lambda^0\pi^-K^+) < 1,975 \text{ ГэВ/с}^2$$

/4/

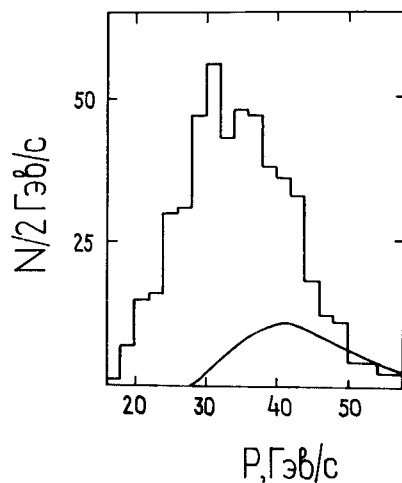


Рис.4. Распределение числа событий из области инвариантных масс $1,935 \text{ ГэВ}/c^2 < M(\Lambda^0 \pi^- K^+) < 1,975 \text{ ГэВ}/c^2$ в зависимости от суммарного импульса системы P . Гладкая кривая - расчет, полученный методом Монте-Карло в предположении дифракционного рождения системы $\Lambda^0 \pi^- K^+$ с массой $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$.

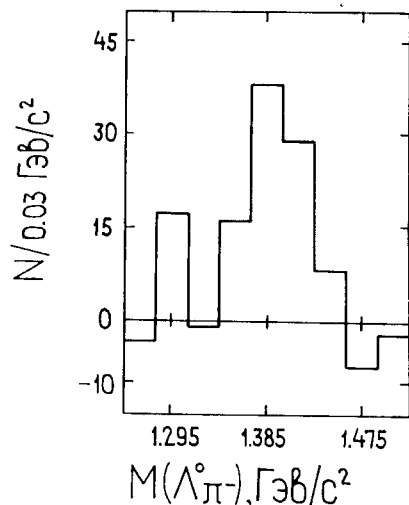


Рис.5. Распределение событий, обуславливающих "выброс" в спектре инвариантных масс $\Lambda^0 \pi^- K^+$, по величине инвариантной массы $M(\Lambda^0 \pi^-)$.

виден "выброс". Распределение всех событий из области /4/ в зависимости от P показано на рис.4 /гистограмма/. Гладкая кривая на этом рисунке получена методом Монте-Карло в предположении дифракционного рождения системы $\Lambda^0 \pi^- K^+$ с массой $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$. Кривая нормирована таким образом, чтобы в области /3/ находилось такое же число событий, которое содержится в "выбросе". Видно, что использованная модель может качественно объяснить наблюдение таких событий при $P > 28 \text{ ГэВ}/c$ и их отсутствие при $P < 28 \text{ ГэВ}/c$.

Чтобы определить характер событий, обуславливающих "выброс" в спектре масс $M(\Lambda^0 \pi^- K^+)$, анализировались 3740 событий, удовлетворяющих условию /3/. Было построено 2 распределения по инвариантной массе $M(\Lambda^0 \pi^-)$ для событий из интервала /4/ и событий, взятых с весом 0,5 из двух таких же соседних /слева и справа/ интервалов. Разность этих распределений показана на рис.5. Положение центра и ширина распределения хорошо согласуются с параметрами $\Sigma^-(1385)$, откуда следует, что "выброс" в распределении по $M(\Lambda^0 \pi^- K^+)$ при $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$ обусловлен двухчас-

Рис.6. Спектры инвариантных масс системы $\Lambda^0 \pi^- K^+$, полученные при условии, что Λ^0 и π^- являются продуктами распада $\Sigma^-(1385)$ для событий, в которых: а/ нет дополнительных заряженных частиц; б/ есть дополнительные заряженные частицы. Плавная кривая - расчет фоновых событий.

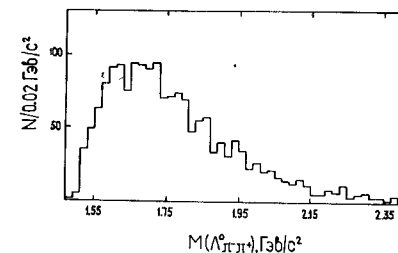
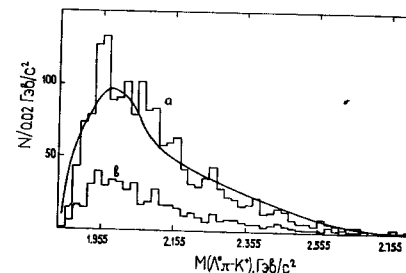


Рис.7. Распределение числа событий в зависимости от инвариантной массы системы $\Lambda^0 \pi^- \pi^+$ при условии, что Λ^0 и π^- являются продуктами распада $\Sigma^-(1385)$.

тичными конечными состояниями: $\Sigma^-(1385) K^+$. На рис.6а приведено распределение 1719 событий по инвариантной массе $M(\Lambda^0 \pi^- K^+)$, для которых $M(\Lambda^0 \pi^-)$ находится в пределах от 1,345 до 1,445 $\text{ГэВ}/c^2$. В этом распределении в районе массы $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$ наблюдается пик. Плавная кривая на рис.6 получена, когда K^+ и $\Sigma^-(1385)$ были взяты из разных событий. При этом требовалось, чтобы каждая такая комбинация удовлетворяла всем вышеперечисленным условиям. Эта кривая нормирована на число событий в гистограмме рис.6а. Видно, что ее форма удовлетворительно описывает общий характер массового спектра рис.6а, кроме области пика, и не имеет каких-либо экстремальных особенностей. Значит, наблюдаемый пик в спектре эффективных масс $M(\Lambda^0 \pi^- K^+)$ не является следствием экспериментального искажения распределения событий типа /1/ по фазовому объему. Около 80 событий в пике соответствуют более чем пяти стандартным отклонениям над уровнем фона.

На рис.6в приведен спектр инвариантных масс $M(\Lambda^0 \pi^- K^+)$ для событий, в которых кроме $\Lambda^0 \pi^- h^+$ были зарегистрированы другие заряженные частицы. Для каждой комбинации, вошедшей в распределение рис.6в, требовалось выполнение тех же условий, что и для событий из гистограммы рис.6а. Никаких особенностей в распределении, показанном на рис.6в, не наблюдается.

Для событий, вошедших в гистограмму рис.6а, в спектрах эффективных масс, построенных в предположении, что h^+ является пионом /рис.7/, нет статистически значимых узких пиков. Сле-

довательно, наблюдаемый пик в спектре эффективных масс $M(\Lambda^0 \pi^- K^+)$ не является кинематическим отражением какого-либо странного резонанса. Положение пика в спектре эффективных масс $M(\Lambda^0 \pi^- K^+)$ /рис.6а/ находится в согласии с данными, полученными в эксперименте /1/.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. В спектре эффективных масс системы $\Lambda^0 \pi^- K^+$ в районе массы $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$ наблюдается узкий пик шириной около $0,04 \text{ ГэВ}/c^2$, свидетельствующий о существовании резонанса, распадающегося на $\Sigma^-(1385)K^+$, $\Sigma^-(1385) \rightarrow \Lambda^0 \pi^-$. Этот резонанс нельзя отождествить с известным резонансом $\Delta(1950)^{5-7/}$, поскольку ширина последнего $/0,2 \pm 0,3 \text{ ГэВ}/c^2/$ существенно превышает ширину наблюдаемого пика.

Таким образом, подтверждено существование резонанса, указание о котором было получено ранее в работе /1/.

2. С учетом экспериментальных ошибок, как статистических, так и систематических, методом Монте-Карло найдено, что масса и ширина наблюдаемого резонанса соответственно равны:

$$M = 1,955_{-0,01}^{+0,02} \text{ ГэВ}/c^2 \quad \text{и} \quad \Gamma \leq 0,035 \text{ ГэВ}/c^2.$$

3. Наиболее вероятно, что резонанс образуется в процессе дифракционной диссоциации нейтрона. Об этом свидетельствует ряд указаний:

а/ заряд, странность и барионное число у резонанса и нейтрона совпадают;

б/ резонанс наблюдается в системе $\Sigma^-(1385)K^+$ только при отсутствии других заряженных частиц;

в/ область импульсов, в которой наблюдается резонанс, согласуется с рассчитанной по модели дифракционной диссоциации нейтронов в систему $\Sigma^-(1385)K^+$ с массой $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$.

4. Произведение сечения образования резонанса на вероятность его распада по каналу $\Sigma^-(1385)K^+$ равно

$$\sigma \cdot B = N / (T \cdot N_A \cdot V_1 \cdot N_n \cdot \epsilon) = 50 \pm 30 \text{ нб/нуклон},$$

где $N = 80 \pm 21$ - число событий в пике; $T = 6,24 \text{ г}/\text{см}^2$ - толщина углеродной мишени; N_A - число Авогадро; $V_1 = 0,565$ - доля распадов по наблюдаемым каналам $\Sigma^-(1385) \rightarrow \Lambda^0 \pi^-$ и $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$; $N_n = 1,85 \pm 0,5 \cdot 10^{11}$ - эффективный интегральный поток нейтронов через углеродную мишень; $\epsilon = 1/4 \pm 2/10^{-3}$ - эффективность регистрации и выделения исследуемых событий, полученная методом

Монте-Карло в предположении модели дифракционной диссоциации нейтронов на квазисвободных нуклонах ядра углерода.

5. В ряде работ, например /8,9/, обсуждается возможность существования пятикварковых систем как узких барионных резонансов. Малая ширина наблюдаемого резонанса и его распад на странные частицы позволяют предположить, что этот резонанс является пятикварковым состоянием (udds \bar{s}). Это состояние мы обозначаем как N_ϕ , где буква и индекс соответствуют общепринятым обозначениям нуклона и мезона с аналогичным составом кварков.

Авторы глубоко признательны Н.С.Амаглобели, А.М.Балдину и И.С.Златеву за поддержку экспериментов и постоянный интерес к работе. Авторы благодарны В.Г.Кадышевскому, А.Б.Кайдалову, В.А.Матвееву и Т.Туигу за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеев А.Н. и др. ЯФ, 1981, 28, с.386; Aleev A.N. et al. JINR, E1-80-726, Dubna, 1980.
2. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980.
3. Бурилков Д. и др. ОИЯИ, 10-80-656, Дубна, 1980; Бурилков Д. и др. ОИЯИ, 10-81-722, Дубна, 1981.
4. Armenteros R., Podolanski J. Philos.Mag., 1954, 45, p.13.
5. Bricman C. et al. Rev. of Part. Prop., 1980, p.218.
6. Ansorge R.E. et al. Phys.Rev., 1974, D10, p.32.
7. Ansorge R.E. et al. Nucl.Phys., 1976, B103, p.509.
8. Hogaasen H., Sorba P. Nucl.Phys., 1978, B145, p.119.
9. De Crombrugge M., Hogaasen H., Sorba P. Nucl.Phys., 1979, B156, p.347.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 февраля 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
D-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
D9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
D2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	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.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	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.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Алеев А.Н. и др. D1-82-116
Наблюдение узкого барионного резонанса, распадающегося на $\Sigma^-(1385)$ и K^+

В эксперименте, проводимом с помощью спектрометра БИС-2 на нейтронном пучке серпуховского ускорителя, наблюдается рождение узкого барионного резонанса с массой около $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$, распадающегося на $\Sigma^-(1385)$ и K^+ . Указание на существование этого резонанса было получено ранее в эксперименте ^{1/}. Наблюдаемый резонанс можно интерпретировать как пятикварковое барионное состояние.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Aleev A.N. et al. D1-82-116
Observation of a Narrow Baryon Resonance Decaying into $\Sigma^-(1385)$ and K^+

The narrow baryon resonance decaying into $\Sigma^-(1385)$ and K^+ is observed in an experiment performed using the BIS-2 spectrometer in a neutron beam of the Serpukhov accelerator. The resonance mass is about $1.95 \text{ GeV}/c^2$. An evidence for the existence of this resonance has been obtained recently in an experiment ^{1/}. The observed resonance may be interpreted as a five-quark baryon state.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982