

ОБНАРУЖЕНИЕ ВОЗБУЖДЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПИОНА — НОВОГО ПСЕВДОСКАЛЯРНОГО МЕЗОНА

Д.П.Беличи², И.М.Василевский¹, Г.Веньи², В.В.Вишняков¹,
М.Дикорато², О.А.Зсймидорога¹, Ю.И.Иванъщин¹, Л.К.Лыткин¹,
Ф.Паломбо², Я.Пернегр², А.Сала²⁾, С.Сала², С.Я.Сычков¹,
А.А.Тяпкин¹, П.-Л.Фрабетти³

На основании парциально-волнового анализа $\pi^+ \pi^- \pi^-$ -системы, рожденной в процессе дифракционной диссоциации π -мезона с импульсом 40 ГэВ/с на ядрах обнаружен новый псевдоскалярный мезон с массой $1,205 \pm 0,007$ ГэВ/с² и шириной $0,320 \pm 0,035$ ГэВ/с² с квантовыми числами $I^G J^P = 1^- 0^-$, являющийся в рамках кварковой структуры радикальным возбуждением пиона.

В данном сообщении приводятся результаты парциально-волнового анализа 3π -системы, рожденной в процессе дифракционной диссоциации π -мезона с импульсом 40 ГэВ/с на ядрах

$$\pi^- + \mathcal{Z} \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^- + \mathcal{Z}$$

в области $A1$ -резонанса при малых переданных 4π импульсах.

Для анализа использовались данные совместного эксперимента на спектрометре МИС ОИЯИ [1], полученные в пучке отрицательных π -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ в Серпухове. Полная статистика 3π -событий на девяти ядрах Ве, С, Al, Si, Ti, Cu, Ag, Та, Рь составила 110000 событий. 75% этих событий удовлетворяют критерию когерентного образования 3π -систем с $t' < t'^*$, где t'^* — соответствует первому минимуму в дифференциальном сечении (для ядра свинца t'^* равно 0,008 (ГэВ/с)² из-за большого наклона дифракционного конуса $(-360 \text{ (ГэВ/с)}^{-2})$.

В процессах дифракционной генерации частиц ядро остается в основном состоянии и рожденная система частиц для малых передач сохраняет все квантовые числа налетающей частицы, а изменение спина и четности соответствует "натуральному" обмену. Поэтому важной особенностью этих процессов является возможность однозначного анализа образуемых систем по спину и четности и изучения резонансного рождения в области $A1$ -резонанса. Из-за большой передачи энергии рожденной системе (~ 1 ГэВ) при малых передаваемых 4π импульсах ($\sim 0,01$ (ГэВ/с²)) исследование этих процессов представляет возможность изучения возбужденных состояний динамических структур дифракционно-образуемых систем.

¹⁾Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, СССР.

²⁾Институт физики, Милан, Италия.

³⁾Институт физики, Болонья, Италия.

Использование ядерных мишеней в исследовании дифракции имеет ряд преимуществ в сравнении с протонными мишенями: а) из-за малости переданного 4-х импульса вклад амплитуд с переверотом спина пренебрежимо мал; б) малый вклад некогерентных процессов и высокая степень когерентности волн дают надежное измерение относительных фаз; в) отсутствуют неоднозначности анализа, обусловленные образованием резонанса N^* .

Парциально-волновой анализ трех π -мезонных событий осуществлялся по программе Иллинойского университета [2], которая была адаптирована с целью учета геометрического аксептанса триггерной системы магнитного спектрометра. Для определения вклада отдельных волн по угловым распределениям мезонов необходимо было обеспечить высокую точность измерения углов вылета мезонов из мишени, передаваемого импульса и инвариантных масс трехпионной системы. В спектрометре МИС, достигнутые точности характеризуются следующими величинами: пространственная угловая точность составляет $0,45$ мрад, а по передаваемому импульсу $17 \text{ МэВ}/c$, что позволяет измерять передаваемый импульс до $3 \cdot 10^{-4} (\text{ГэВ}/c)^2$; разрешение по массе трехмезонной системы $26 \text{ МэВ}/c^2$ для $m_{3\pi} = 1,1 \text{ ГэВ}/c^2$ и $34 \text{ МэВ}/c^2$ для $m_{3\pi} = 1,7 \text{ ГэВ}/c^2$.

Неэффективность системы обработки данных составляет 8% , при этом 6% за счет малых длин треков и 2% за счет перекрытия треков. Анализ показал отсутствие влияния этих потерь на угловые характеристики мезонов. В программе парциально-волнового анализа производился также учет возможных потерь событий определенной пространственной топологии из-за ограниченного геометрического аксептанса спектрометра для реальных и мнимых частей амплитуды процесса. Эта поправка медленно менялась от бины к бине по массе 3π -мезонной системы от 100 до 96% . В анализе участвовали волны $0^-S0 + (\epsilon\pi)$, $0^-P0 + (\rho\pi)$, $1^+S0 + (\rho\pi)$, $1^+P0 + (\epsilon\pi)$, $2^-P0 + (\rho\pi)$, $2^-P1 + (\rho\pi)$, $2^+D1 + (\rho\pi)$, $2^-S0 + (f\pi)$, $2^-D0 + (\epsilon\pi)$; где принято следующее обозначение мезонной системы $JPLM\eta$, L — орбитальный момент мезона относительно дипиона, M — магнитное квантовое число, η — знак отражения в плоскости рождения. Вклад волн ненатуральной серии с переверотом спина найден пренебрежимо малым в когерентной области, за исключением волны 2^-P , где вклад составляет 30% от ее интенсивности. Вклад волн с $\eta = -1$ исключительно мал и составляет менее $0,1\%$. Вклад волн натуральной серии найден чрезвычайно малым. Параметризация S -состояния дипионной системы была сделана как с ϵ -резонансом так и с фазой упругого $\pi\pi$ -рассеяния. Различная параметризация влияет на интенсивность интерференции между волнами 1^+S и 1^+P и не влияет на волны 0^-S , 0^-P , где интерференция очень слаба. В этой работе представлены результаты с ϵ -параметризацией, которая систематически дает большую величину функции максимального правдоподобия. В качестве опорной волны нами выбрана волна 0^-P , которая имеет медленно меняющийся сигнал во всем массовом спектре и, так как основная волна, хорошо установленного A_2 -резонанса $2^+D1 +$ относительно 0^-P , демонстрирует резонансное поведение, характерное для A_2 -резонанса.

На рис. 1, *a, б* представлена интенсивность волн 1^+S и 0^-S для всех мишеней, анализировавшихся вместе, а на рис. 2 поведение разности фазы $1^+S - 0^-P$ и $0^-S - 0^-P$. Изменение фазы для 1^+S составляет 110° , а для $0^-S - 85^\circ$. Поведение фазы волны 1^+S относительно 0^-S по области *A1*, приведенное на рис. 1, *в* практически постоянно и свидетельствует, что обе волны имеют резонансный характер. Массовый спектр 0^-S не зависит от параметризации дипионной фазы. Фит массового спектра 0^-S по релятивистской формуле Брейта – Вигнера с медленно меняющимся экспоненциальным фоном дает значение массы $m = 1,205 \pm 0,007 \text{ ГэВ}/c^2$ и ширины $\Gamma = 0,320 \pm 0,035 \text{ ГэВ}/c^2$. Таким образом, изменение относительной фазы $0^-S - 0^-P$ на 85° в *A1*-области, брейт-вигнеровская форма массового спектра, а также постоянство относительной фазы $1^+S - 0^-S$ непосредственно свидетельствуют о наблюдении резонанса в системе $\pi^+\pi^-\pi^-$ с квантовыми числами пиона, переходящего в основное состояние пиона с испусканием ϵ -мезона.

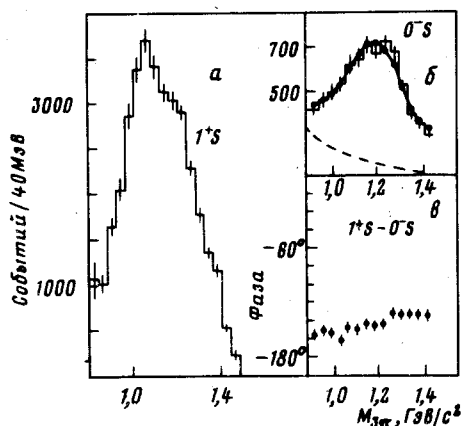


Рис. 1

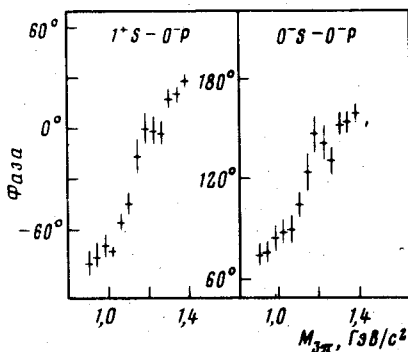


Рис. 2

Рис. 1. *a* – Интенсивность волны 1^+S ; *б* – интенсивность волны 0^-S (сплошной кривой показаны результаты фита по резонансной формуле Брейта – Вигнера, а пунктирной – нерезонансный фон); *в* – изменение фазы волны 1^+S относительно 0^-S

Рис. 2. Изменение фазы волны 1^+S относительно 0^-P и $0^-S - 0^-P$

Интерпретация обнаруженного резонанса в кварковой модели состоит в отождествлении его с возбужденным по радиальному числу состояния $q\bar{q}$ системы (π').

В работах [3, 4] наблюдалось относительное постоянство фазы 1^+S относительно волны 0^-S в области *A1*-резонанса. Авторы сделали вывод только о возможности резонанса 0^- и не получили прямых доказательств его резонансных свойств. Наблюдаемое ими изменение фазы 0^-S составляло лишь 40° .

Литература

- [1] *Bellini G. et al.* CERN-EP-/81-40, Geneva.
- [2] *Ascoli G.* Phys. Rev. Lett., 1970, 25, 962; Phys. Rev., 1973, D7, 669; Phys. Rev., 1974, D9, 1963.
- [3] *Pernegr J. et al.* Nucl. Phys., 1978, B134, 436.
- [4] *Daum C. et al.* CERN-EP/80-219. Geneva.
-