

объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

956/2-80

3/3-80

P1 - 12848

А.Т.Абросимов, А.Н.Ильина, Р.Нишч, Л.С.Охрименко,
Т.Павляк, Я.Плюта, В.Пэрыт, Б.Среднява,
З.Стругальский

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ЭФФЕКТИВНЫХ МАСС

$M(4\gamma)$, $M(\pi^0\gamma\gamma)$, $M(\eta^0\gamma\gamma)$, $M(\pi^0\pi^0)$,

$M(\eta^0\pi^0)$, $M(\eta^0\eta^0)$

1979

Абросимов А.Т. и др.

PI - 12848

Исследование спектров эффективных масс $M(4\gamma)$, $M(\pi^0\gamma\gamma)$, $M(\eta^0\gamma\gamma)$, $M(\pi^0\pi^0)$, $M(\eta^0\pi^0)$, $M(\eta^0\eta^0)$

Приведены результаты исследования спектров эффективных масс $M(\pi^0\pi^0)$, $M(\eta^0\pi^0)$, $M(\eta^0\eta^0)$, $M(\pi^0\gamma\gamma)$, $M(\eta^0\gamma\gamma)$ в событиях типа $\pi^- + n \rightarrow \pi^- + n + X_{\rightarrow 4\gamma}$. Исследования выполнены на 180-литровой ксеноновой камере, облученной в пучке π^- -мезонов с импульсом 3,5 ГэВ/с. Не обнаружено никаких особенностей, которые могли бы указывать на существование резонансных состояний в исследуемых системах π^0 -мезонов, η^0 -мезонов и гамма-квантов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Abrosimov A.T. et al.

PI - 12848

Investigation of Spectra of $M(4\gamma)$, $M(\pi^0\gamma\gamma)$, $M(\eta^0\gamma\gamma)$, $M(\pi^0\pi^0)$, $M(\eta^0\pi^0)$, $M(\eta^0\eta^0)$ Effective Masses

The investigation results on spectra of $M(\pi^0\pi^0)$, $M(\eta^0\pi^0)$, $M(\eta^0\eta^0)$, $M(\pi^0\gamma\gamma)$, $M(\eta^0\gamma\gamma)$ effective masses in events of $\pi^- + n \rightarrow \pi^- + n + X_{\rightarrow 4\gamma}$ type are presented. The investigations have been carried out in a 180-liter xenon chamber irradiated in a beam of π^- -mesons with 3.5 GeV/c momentum. No peculiarities have been discovered which could point to the existence of resonance states in systems of π^0 -mesons, η^0 -mesons and gamma-quanta investigated.

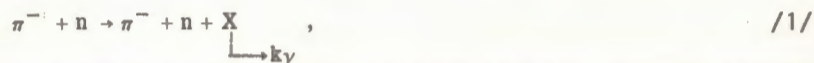
The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

1. ВВЕДЕНИЕ

В течение последних 15 лет много внимания уделялось исследованию $\pi^0\pi^0$ -системы /1-7/. Интерес к этой проблеме возник в основном из-за стремления получить сведения о возможном существовании частиц, распадающихся на два π^0 -мезона. При такого рода исследованиях встречались, однако, большие затруднения методического характера, приводящие к тому, что получаемые результаты часто не могли приниматься за окончательные. Поэтому возникла необходимость в получении новых экспериментальных сведений в таких условиях, в которых возможна регистрация продуктов распада изучаемых систем гамма-квантов с эффективностью, близкой к 100%-ной.

В настоящей работе приведены итоги исследования $\pi^0\pi^0$ -систем с помощью 180-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ИТЭФ /8/, в которой вероятность регистрации гамма-кванта с энергией больше 10 МэВ, излученного источником, находящимся в центре камеры, составляет 98,2%. Поиск таких систем проводился в реакциях столкновения отрицательно электрически заряженных пионов с импульсом 3,5 ГэВ/с с квазисвободными нейтронами, находящимися на периферии ядер ксенона /9/:



где X - любая система, в результате распада которой появляются гамма-кванты; в настоящей работе изучались случаи с кратностью гамма-квантов $k=4$.

Поскольку при поиске $\pi^0\pi^0$ -систем необходимо было рассмотреть все события типа /1/ с $k=4$, то одновременно были проведены исследования и других систем, в результате распада которых появляются 4 гамма-кванта: $\pi^0\gamma\gamma$, $\eta^0\gamma\gamma$, $\eta^0\pi^0$, $\eta^0\eta^0$.

2. МЕТОД

Эксперименты проводились с помощью ксеноновой пузырьковой камеры объемом 104x40x40 см³, облученной в пучке отрица-

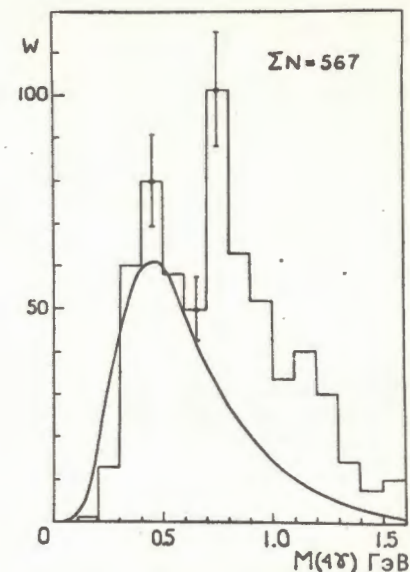
тельно электрически заряженных пионов с импульсом 3,5 ГэВ/с. Просмотр велся с целью поиска событий пион-ксеноновых столкновений типа /1/, находящихся в центральной области камеры размерами 30x5x5 см³. Вторичная заряженная частица, предполагаемый пион, выходила из камеры или взаимодействовала в ней. Гамма-кванты, сопровождающие столкновения, регистрировались во всем объеме камеры по наблюдаемым электронно-позитронным парам конверсии и инициированным гамма-квантами электронно-фотонным ливням, развивающимся в жидком ксеноне. Эффективность обнаружения события типа /1/ при двукратном просмотре составляла 98%. Средняя эффективность регистрации гамма-квантов с энергиями выше 10 МэВ в полном телесном угле равнялась 98,2% в событиях с любым числом испущенных гамма-квантов. Эта эффективность слабо зависит от числа гамма-квантов. Для анализа зарегистрированных событий необходимо, однако, не только зарегистрировать гамма-кванты, но и измерить их энергии. Поскольку измерение это осуществляется по полному пробегу электронов в вызванных гамма-квантами ливнях, то эффективность регистрации гамма-квантов при условии возможности определения их энергий с заданной точностью несколько меньше. Так, при условии, что точность измерения энергии не меньше 35%, имеем следующие эффективности регистрации гамма-квантов в зависимости от их кратности k: 97,7% для случаев с k=2; 97% для случаев с k=3; 96,7% для случаев с k=4; 96,5% - с k=5 и 96% - с k=6.

Имея возможность регистрации гамма-квантов со столь высокой эффективностью, можно идентифицировать источники этих гамма-квантов: π^0 -мезоны, η^0 -мезоны, ω^0 -мезоны. Выделив события с k=4 и $2\pi^0$ -мезонами, можно исследовать спектр эффективных масс $\pi^0\pi^0$ -систем. Аналогично в принципе поддаются экспериментальному исследованию системы $\pi^0\gamma$, $\eta^0\pi^0$, $\eta^0\eta^0$, $\eta^0\gamma\gamma$.

Весьма просто и точно можно учесть содержание фона в любых из названных выше систем; фон в событиях с данным числом k₀ гамма-квантов определяется экспериментально путем анализа событий с числом гамма-квантов k > k₀. При этом можно построить распределение фона с учетом соответствующих категорий систем из многих гамма-квантов, π^0 -мезонов, η^0 -мезонов.

Подробные сведения, касающиеся исследования распределений эффективных масс систем из многих гамма-квантов, π^0 -мезонов и η^0 -мезонов, приведены в наших прежних работах /10/. Метод измерения энергий гамма-квантов подробно описан также в наших работах /11,12/.

Рис. 1. Распределение эффективных масс, составленных из четверок гамма-квантов в событиях типа /1/ с k=4. W - статистические веса событий. Сплошной кривой показан фон, возникающий при распаде событий типа /1/ с k=6, в которых 2 гамма-кванта из 6 не зарегистрированы; фон нормирован к полному числу случаев на гистограмме с $M(4\gamma) \leq 500$ МэВ.



3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

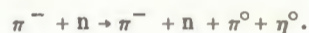
В результате просмотра 200 000 снимков с камеры были найдены 567 случаев типа /1/, сопровождающихся гамма-квантами с k=4. Их распределение по эффективным массам из 4 гамма-квантов показано на рис. 1.

Из этого набора 567 событий после идентификации π^0 -мезонов путем соответствующей комбинации пар гамма-квантов в эффективные массы $M(\gamma\gamma)$ были выделены события типа /1/ с k=4, в которых гамма-кванты возникли в результате распада $2\pi^0$ -мезонов, т.е. события типа



Их оказалось 355. Распределение эффективных масс $M(\pi^0\pi^0)$, полученных путем комбинации π^0 -мезонов по два в каждом событии, показано на рис. 2. Это распределение содержит события, похожие на /2/, происходящие от случаев типа /1/ с $3\pi^0$ -мезонами, в которых один из π^0 -мезонов не зарегистрирован. После вычета этого фона получается распределение эффективных масс $M(\pi^0\pi^0)$, показанное на рис. 3.

Среди регистрируемых нами событий типа /1/ можно было выделить и такие, в которых 4 гамма-кванта возникают при распаде одного η^0 -мезона и одного π^0 -мезона. На рис. 4 показано распределение этих событий; они соответствуют реакции



/3/

Сплошная кривая, нанесенная на гистограмму, представляет распределение фоновых событий, появляющихся в реакциях типа /1/ с 6 гамма-квантами в случае, когда один из π^0 -мезонов остался не зарегистрированным.

В наборе исследуемых событий типа /1/ с $k=4$ содержатся еще случаи типа



Распределения эффективных масс образованных в этих реакциях продуктов показаны на рис. 5.

Рис. 2. Распределение эффективных масс $M(\pi^0\pi^0)$, полученных путем комбинации пар π^0 -мезонов в событиях типа /2/. W - статистические веса событий. Сплошная кривая - фон от событий с $k=6$, в которых зарегистрированы лишь два π^0 -мезона; нормировка проведена к числу событий на гистограмме в пределе значений $M(\pi^0\pi^0) \leq 500$ МэВ.

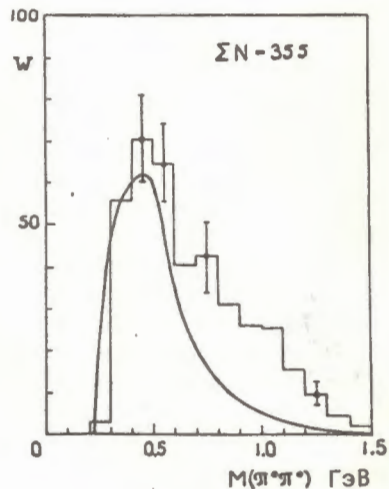


Рис. 3. Распределение эффективных масс $M(\pi^0\pi^0)$, полученных из пар π^0 -мезонов, образованных в реакциях типа /2/. W - статистические веса случаев. Гистограмма построена после вычета фоновых событий от случаев типа /1/ с $k=6$.

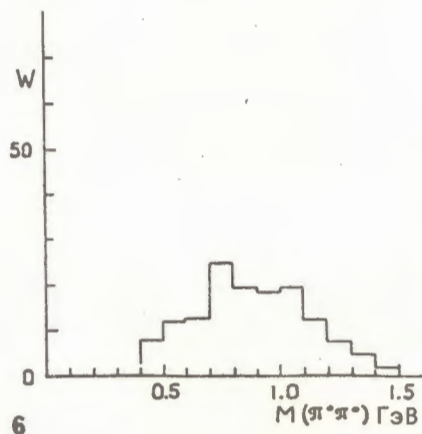


Рис. 4. Распределение событий типа /3/ по эффективным массам $M(\eta^0\pi^0)$. W - статистические веса случаев. Распределение фона нормировано к полному числу случаев, содержащихся в гистограмме.

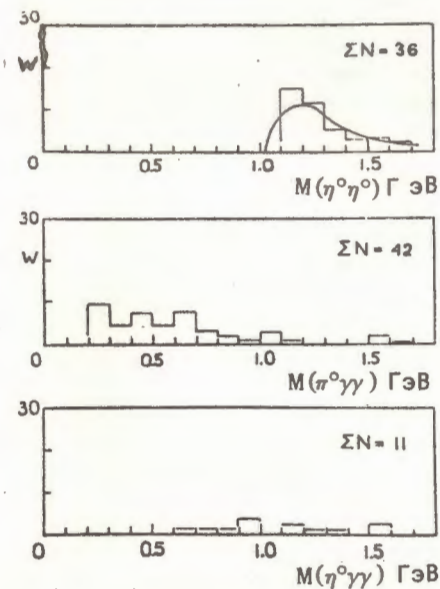
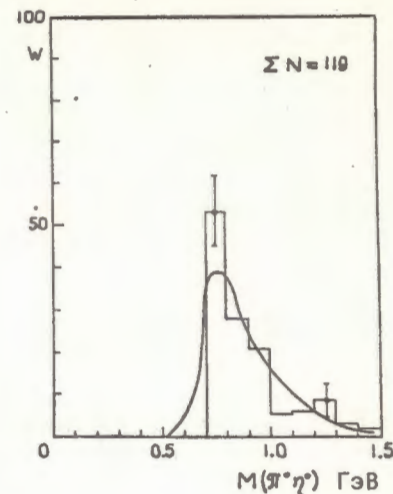


Рис. 5. Распределения эффективных масс $M(\eta^0\eta^0)$, $M(\pi^0\gamma\gamma)$, $M(\eta^0\gamma\gamma)$ в событиях типа /4/, /5/ и /6/. W - статистические веса случаев. Фон от событий с $k=6$ в событиях типа /4/ показан сплошной кривой, нормирован к числу событий в гистограмме.



4. ОБСУЖДЕНИЕ

В итоге подробного исследования событий типа /1/ оказалось, что можно выделить реакции /2/, /3/, /4/, /5/ и /6/. В спектре $M(4\gamma)$ наблюдается статистически обеспеченный пик в районе значений $700 \leq M(4\gamma) \leq 900$ МэВ. В каждом из остальных спектров столь резких пиков не наблюдается.

В распределении эффективных масс $M(\pi^0\pi^0)$ после вычета фона, рис. 3, нет максимумов, которые могли бы указывать на существование резонансных $\pi^0\pi^0$ -систем. Распределение эффективных масс $M(\pi^0\eta^0)$ хорошо описывается распределением фоновых масс $(\pi^0\eta^0)$ -случаев, возникающих при распаде событий

типа /1/ с $k=6$. Аналогично фоновое распределение полностью соответствует распределению эффективных масс $M(\eta^0\eta^0)$. Не анализируем здесь подробно распределение эффективных масс $M(\pi^0\gamma\gamma)$, так как оно обсуждается в нашей работе, посвященной исследованиям распадов η^0 -частицы.

Суммируя спектры, показанные на рис. 2, 4 и 5, получаем распределение, показанное на рис. 1. Таким образом, оказывается, что наблюдаемый резкий пик в распределении эффективных масс $M(4\gamma)$ не имеет физического смысла. Этот пример указывает на необходимость весьма тщательного учета фона при исследовании спектров масс систем, распадающихся на π^0 -мезоны, η^0 -мезоны и гамма-кванты.

В заключение авторы выражают благодарность И.В.Чувилу, А.Г.Мешковскому и В.А.Шабанову за предоставление снимков со 180-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ИТЭФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Feldman M. et al. Phys.Rev.Lett., 1965, 14, p.869; 1969, 22, p.316.
2. Buhler-Broglin A. et al. Nuovo Cimento, 1967, 49A, p.183.
3. Corbett I.F. et al. Phys.Rev., 1967, 156, p.1451.
4. Smith G.A., Manning R.J. Phys.Rev.Lett., 1969, 23, p.335.
5. Strugalski Z. et al. Phys.Lett., 1969, 29B, p.518.
6. Apel W.D. et al. Phys.Lett., 1972, 41B, p.542.
7. Grivaz J.F. et al. Phys.Lett., 1976, 61B, p.400.
8. Кузнецов Е.В. и др. ПТЭ, 1970, №2, с.56.
9. Strugalski Z. Nucl.Phys., 1966, 87, p.280.
10. Strugalski Z. et al. JINR, E1-5349, Dubna, 1970.
11. Czyzewski O. et al. Acta Physica Polonica, 1963, 24, p.509.
12. Ивановская И.А. и др. ПТЭ, 1968, 2, с.39.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 октября 1979 года.