

СЗУ6  
П-29



# ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

---

В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин

1587

ПОИСКИ ВТОРОГО  
НЕЙТРАЛЬНОГО  $\pi$  - МЕЗОНА

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БНБЛИОТЕКА

Дубна 1964

СЗ46  
П-29

В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин

1587

ПОИСКИ ВТОРОГО  
НЕЙТРАЛЬНОГО  $\pi$  - МЕЗОНА

И-2304/2

Дубна 1964

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

## 1. Введение

Исследование угловой корреляции  $\gamma$ -квантов, испускаемых при распаде  $\pi^0$ -мезонов в реакции



позволяет с высокой точностью определить массу распадающейся частицы<sup>/1-3/</sup>. Функция угловой корреляции  $\gamma$ -квантов

$$F(\xi) d\xi = \begin{cases} [2\beta\xi^3(\xi-1)]^{-1/2} d\xi, & \xi > 1 \\ 0, & \xi \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\xi = (1 + \cos\theta) / (1 + \cos\theta_m)$$

такова, что  $\gamma$ -кванты испускаются в основном под углами разлета  $\theta$ , близкими к критическому углу

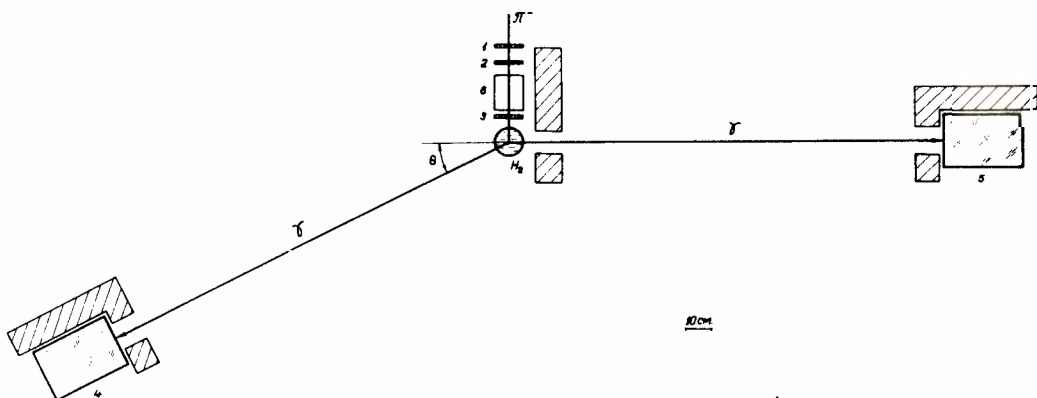
$$\theta_m = \arccos(1 - 2\beta^2), \quad (3)$$

где  $\beta$  - скорость распадающейся частицы. Если наряду с обычным  $\pi^0$ -мезоном существует также второй нейтральный  $\pi$ -мезон, масса которого близка к массе обычного  $\pi^0$ -мезона (одна из таких возможностей обсуждалась Балдиным<sup>/4/</sup>), то функция угловой корреляции  $\gamma$ -квантов наряду с "пиком" в области  $\theta = 23^\circ$ , связанным с распадом обычного  $\pi^0$ -мезона, должна иметь еще один "пик" при значении  $\theta$ , соответствующем массе второго нейтрального мезона. В случае, если угловое разрешение регистрирующей аппаратуры  $\delta$  достаточно высоко ( $\delta \ll \theta_m$ ), исследование угловой корреляции  $\gamma$ -квантов в реакции (1) представляет собой один из эффективных путей поиска второго нейтрального мезона<sup>/2/</sup>.

## 2. Постановка опыта. Результаты измерений

Для измерения угловой корреляции  $\gamma$ -квантов в настоящей работе была использована та же аппаратура, что и при определении разности масс заряженного и

нейтрального пионов <sup>13/</sup>. Эксперименты были выполнены на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в 1962 г.  $\pi^-$ -мезоны останавливались в жидководородной мишени, и пары  $\gamma$ -квантов регистрировались черенковскими спектрометрами полного поглощения (рис. 1). Расстояние между спектрометрами и мишенью было выб-

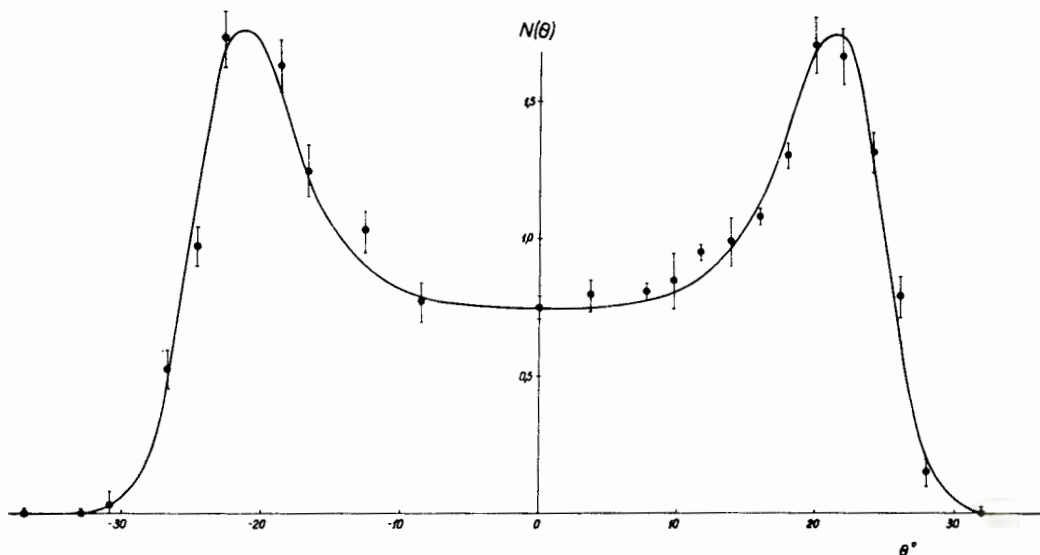


Р и с. 1.

Схема эксперимента. 1,2 - сцинтилляционные счетчики монитора пучка  $\pi^-$ -мезонов. 3 - сцинтилляционный счетчик. 4,5 - черенковские спектрометры полного поглощения.  $\delta$  - фильтр, тормозящий  $\pi^-$ -мезоны.  $H_2$  - жидководородная мишень. На рисунке показана часть свинцовой защиты спектрометров.

рано равным 160 см. Угловое разрешение  $\delta$  составляло в этом случае  $3^\circ$ . Для регистрации совпадений  $\gamma$ -квантов и  $\pi^-$ -мезона использовалась наносекундная схема совпадений. Благодаря тому, что пороги регистрации  $\gamma$ -квантов в черенковских спектрометрах были выбраны высокими (30 Mev), уровень регистрируемого фона был низким: с удалением мишени скорость счета совпадений падала в 200 раз, фон случайных совпадений составлял 1%.

Исследования угловой зависимости скорости счета совпадений  $\gamma$ -квантов  $N(\theta)$  были проведены в области углов  $-35^\circ < \theta < 35^\circ$ . Результаты многократно повторенных измерений представлены на рис. 2. Интервал углов от 0 до  $18^\circ$  был изучен более подробно, поскольку в первых опытах была обнаружена небольшая немонотонность зависимости  $N(\theta)$  при  $\theta \approx (10 - 16^\circ)$ , повторившаяся и при симметричном значении  $\theta$ .



Р и с. 2.

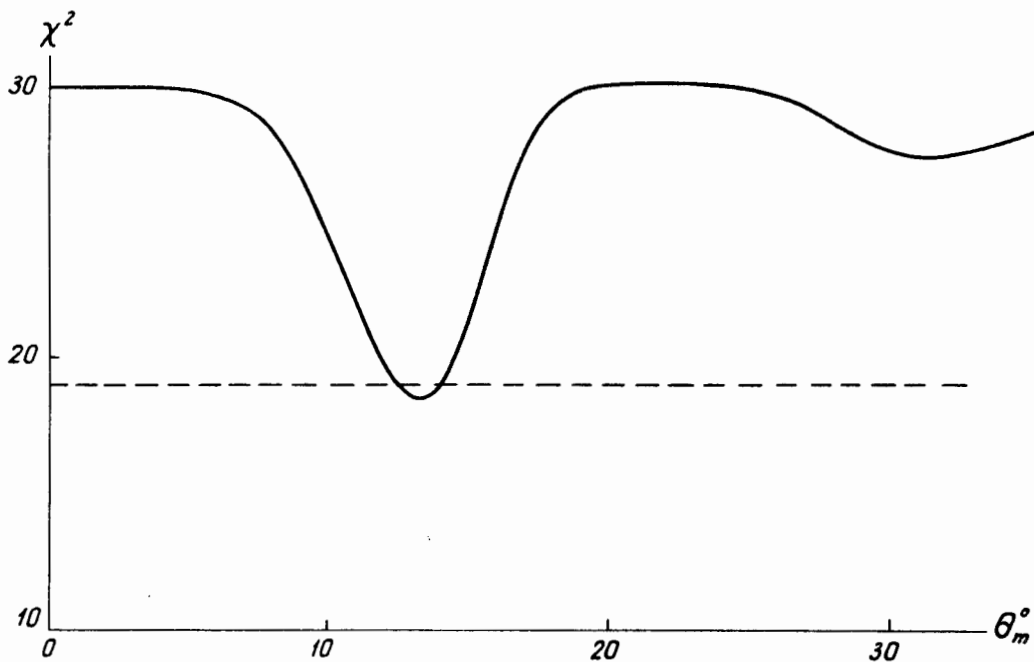
Зависимость скорости счета  $\gamma\gamma$ -совпадений  $N$  от угла разлета  $\gamma$ -квантов  $\theta$ . Кривая — теоретическая зависимость  $N(\theta)$ , вычисленная в предположении существования только обычного нейтрального  $\pi$ -мезона.

### 3. Обработка результатов

Вычисление теоретической кривой  $N(\theta)$ , учитывающей корреляцию (1) и угловое разрешение аппаратуры, было проведено методом Монте-Карло на электронной машине<sup>/3/</sup>.

На рис. 2 приведена зависимость  $N(\theta)$ , найденная в предположении, что существует только обычный нейтральный мезон, масса которого хорошо известна <sup>/3,5/</sup>. Поскольку согласие полученной экспериментально и вычисленной зависимостей  $N(\theta)$  оказалось неудовлетворительным, была количественно проанализирована гипотеза существования второго нейтрального мезона, распадающегося на два  $\gamma$ -кванта. С этой целью были вычислены угловые корреляции  $\gamma$ -квантов для различных значений массы распадающегося мезона, и проведено сопоставление экспериментальных данных с кривыми  $N(\theta)$ , при определении которых варьировались масса второго нейтрального мезона и его относительный вклад  $\alpha$ . Разность масс  $\pi^0$ -мезона и обычного  $\pi^0$ -мезона была взята при расчетах равной  $4,60 \text{ MeV} / c^2$  <sup>/3,5/</sup>.

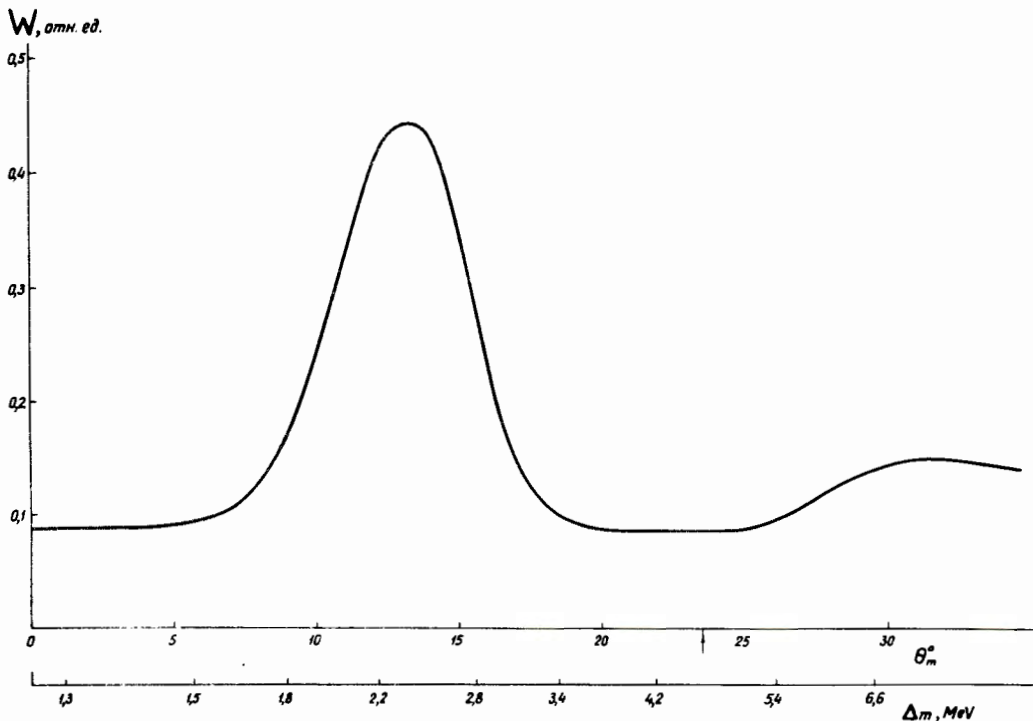
На рис. 3 приведены величины  $\chi^2$ , вычисленные для различных значений раз-



Р и с. 3.

Сумма квадратов нормированных отклонений экспериментальных точек от расчетных кривых ( $\chi^2$ ) при различных значениях  $\theta_m$ . Пунктирная прямая проведена на уровне  $\chi^2 = k$ .

ности масс  $\pi^0$ -мезона и второго нейтрального мезона  $\Delta m$  / величины  $\Delta m$  и  $\theta_m$  связаны соотношением (3) / при значениях  $\alpha$ , соответствующих относительному минимуму  $\chi^2$ . Как видно из этого рисунка, величина  $\chi^2$  всюду, за исключением области углов  $\theta_m \approx 13^\circ$ , заметно превышает число степеней свободы ( $k = 19$ ). Дифференциальная вероятность  $W$  (в относительных единицах), характеризующая достоверность гипотезы о существовании второго нейтрального мезона, приведена на рис. 4.



Р и с. 4.

Дифференциальная вероятность  $W$  при различных значениях разности масс  $\Delta_m$ . Стрелкой указаны величины  $\theta_m$  и  $\Delta_m$ , соответствующие обычному нейтральному  $\pi^-$ -мезону.

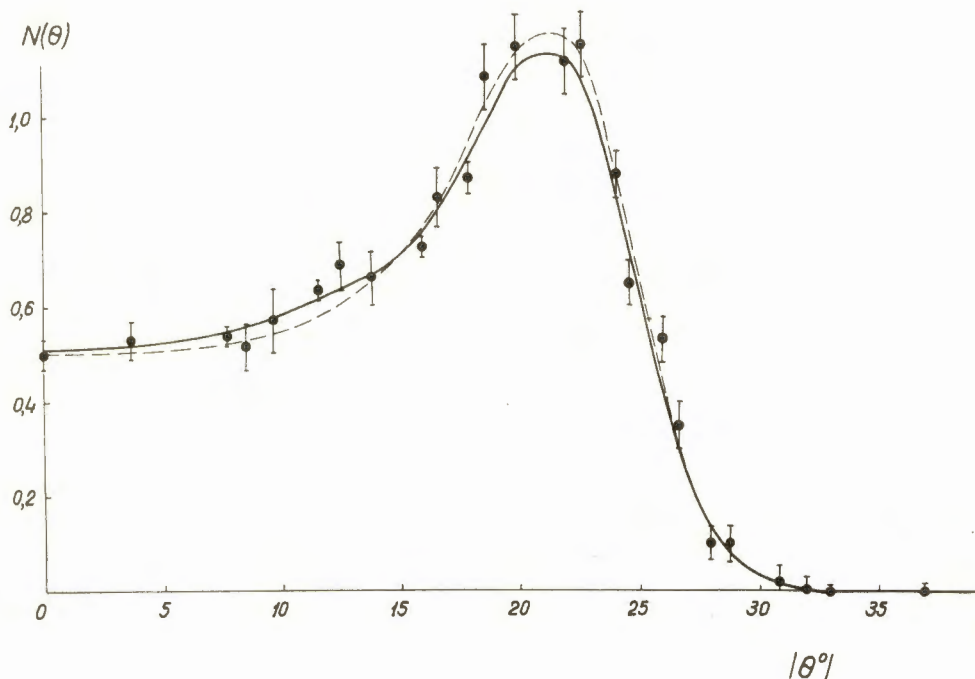
#### 4. О б с у ж д е н и е

Если предположить, что существует только обычный нейтральный  $\pi^-$ -мезон, то величина  $\chi^2$  оказывается равной 30. Вероятность получения в опыте  $\chi^2 > 30$  составляет в нашем случае 0,05. В области углов  $\theta_m \approx 13^\circ$  величина  $W$  значи- тельно возрастает. Это указывает на возможность существования второго, более тя- желого нейтрального мезона, который распадается на два  $\gamma$ -кванта и масса кото- рого отличается от массы  $\pi^-$ -мезона на величину

$$\Delta m = (2,4 \pm 0,3) \text{ MeV} / c^2.$$

Относительный вклад второго нейтрального мезона  $\alpha$  получен равным  $(1,8 - 2,2) \cdot 10^{-2}$ . С учетом различия в фазовых объемах отсюда может быть опреде- лена величина квадрата модуля амплитуды  $|f_x|^2$ , характеризующей образование

этого мезона. Она составляет  $(5 \pm 6 - 3)10^{-2}$  от квадрата модуля амплитуды процесса (1)  $|f_{\pi^0}|^2$ . Зависимость  $N(\theta)$ , вычисленная при указанных выше параметрах, приведена на рис. 5.



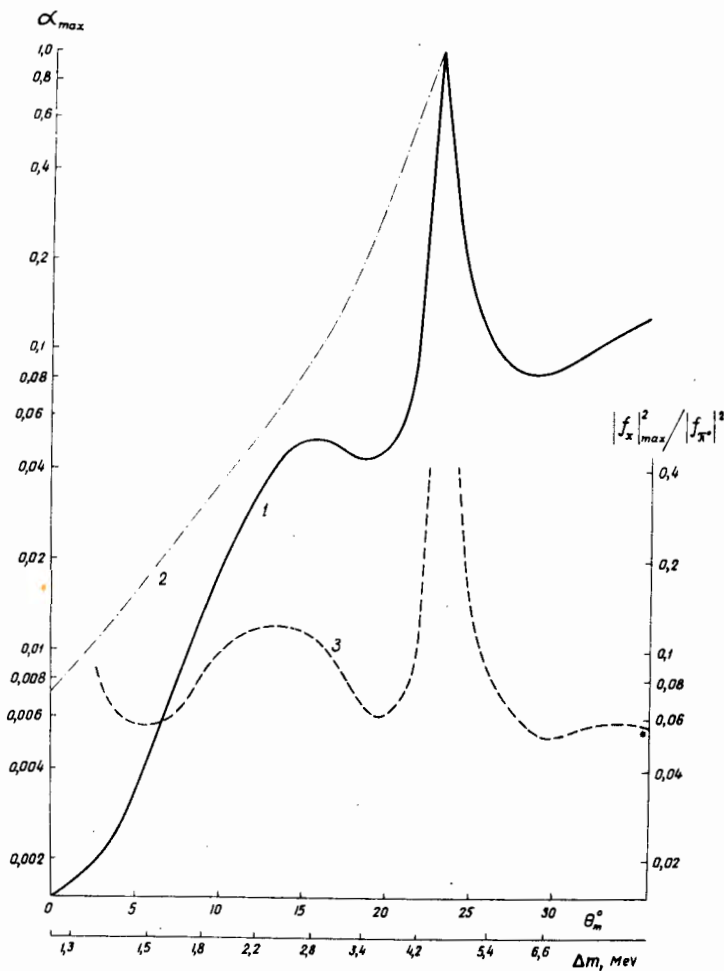
Р и с. 5.

Сравнение измеренных и вычисленных зависимостей  $N(\theta)$ . Пунктиром показана кривая, приведенная на рис. 2. Сплошная кривая вычислена в предположении существования второго нейтрального мезона с разностью масс  $\Delta m = 2,4 \text{ MeV} / c^2$  и вкладом  $\alpha = 0,018$ .

Используя полученные данные об угловой корреляции  $\gamma$ -квантов, можно найти верхнюю граничную оценку  $\alpha_{\text{max}}$  для вклада второго нейтрального  $\pi$ -мезона  $\alpha$  при различных значениях  $\Delta m$ . Эта оценка, вычисленная для 95%-го уровня достоверности, приведена на рис. 6. Там же приведена верхняя граничная оценка для отношения квадратов модулей амплитуд  $|f_x|^2 / |f_{\pi^0}|^2$ .

В заключение следует подчеркнуть, что полученные в настоящей работе данные еще не доказывают факта существования второго нейтрального мезона — значения  $\chi^2$  вне "пика" недостаточно велики, чтобы можно было сделать подобное утверждение.





Р и с . 6.

Верхние граничные оценки для  $\alpha$  (кривая 1) и  $|f_x|^2 / |f_{\pi^0}|^2$  (кривая 3).  
Кривая 2 - данные работы [2].

Наблюдавшийся в области  $\theta_m \approx 13^\circ$  "пик" мог появиться в результате редкой статистической флуктуации. Поэтому весьма желательно уточнение угловой корреляции  $N(\theta)$  при помощи аппаратуры с еще более высоким угловым разрешением. Другим путем проверки полученного результата является регистрация нейтронов методом "времени пролета" в области, соответствующей указанной выше разности масс  $\Delta m$ .

Пользуемся случаем поблагодарить А.Ф. Дунайцева за помощь в работе и А.М. Балдина, Л.И. Лapidуса, Б. Понтекорво и А.А. Тяпкина за обсуждение результатов работы.

Л и т е р а т у р а

1. W. Chinowsky, J. Steinberger. Phys.Rev., 93 , 586 (1953).
2. J.M. Cassels, D.P. Jones, P.G. Murphy, P.O'Neill. Proc.Phys.Soc., 74 ,92(1959).
3. В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин. ЖЭТФ, 45 , 1737 (1963).
4. А.М. Balzin, P.K. Kabir. Nuovo Cim., 45 , 18 (1958).
5. J.B. Czirr. Phys.Rev., 130 , 341 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 марта 1964 г.