



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

---

В.Б. Любимов, А.В. Никитин, З. Трка

P-974

СВОЙСТВА  $P^0$ -МЕЗОНОВ,  
ОБРАЗУЮЩИХСЯ  
В НЕУПРУГИХ СТОЛКНОВЕНИЯХ  
 $P^-$ -МЕЗОНОВ С НУКЛОНАМИ  
ПРИ ЭНЕРГИИ 7 БЭВ

Дубна 1962 год

В.Б. Любимов, А.В. Никитин, З. Трка

P-974

СВОЙСТВА  $\pi^0$ -МЕЗОНОВ,  
ОБРАЗУЮЩИХСЯ  
В НЕУПРУГИХ СТОЛКНОВЕНИЯХ  
 $\pi^-$ -МЕЗОНОВ С НУКЛОНАМИ  
ПРИ ЭНЕРГИИ 7 БЭВ <sup>x/</sup>

1464/2 лф.

Объединенный институт,  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

---

<sup>x)</sup> Основные экспериментальные данные содержатся в докладе В.И. Векслера на сессии Ученого Совета ОИЯИ в ноябре 1961 года.

### А н н о т а ц и я

Отобраны неупругие взаимодействия  $\pi^-$ -мезонов с нуклоном, сопровождающиеся испусканием одного или нескольких  $\gamma$ -квантов. Предполагалось, что все  $\gamma$ -кванты возникают от распадов образующихся в этих взаимодействиях  $\pi^0$ -мезонов. Найдено среднее число  $\pi^0$ -мезонов для событий с разной множественностью заряженных частиц. Получены данные, касающиеся энергетических характеристик  $\pi^0$ -мезонов и их угловых распределений.

### **Abstract**

Inelastic  $\pi$ -meson-nucleon interactions accompanied by one or some  $\gamma$ -quanta have been selected. It was assumed that all  $\gamma$ -quanta were produced in the decays of  $\pi^0$ -mesons generated in these interactions. The average number of  $\pi^0$ -mesons has been found for the events with different multiplicity of charged particles. The data concerning the energy characteristics of  $\pi^0$ -mesons and their angular distributions have been obtained.

1. Предварительные данные были получены в работе /1/, выполненной с помощью 24-литровой пропановой пузырьковой камеры. Среди 355  $\pi^-N$ -взаимодействий было найдено 64 случая, сопровождающихся электронно-позитронными парами, образованными  $\gamma$ -квантами. В предположении, что все  $\gamma$ -кванты образуются при распадах  $\pi^0$ -мезонов, были определены средняя энергия и среднее число  $\pi^0$ -мезонов.

Для получения более полных данных было дополнительно просмотрено  $\sim 1500$  снимков. Обработка событий и отбор случаев неупругих взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с нуклонами производились в соответствии с работой /1/, но дополнительно требовалось, чтобы в каждом событии была по крайней мере одна  $e^+e^-$  пара. Всего для анализа было использовано 202 события с 242  $e^+e^-$ -парами. Средняя эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов (т.е. вероятность образования  $\gamma$ -квантом  $e^+e^-$ -пары) оказалась равной  $0,11 \pm 0,01$ , что согласуется с опубликованным ранее результатом /1/.

На рис. 1 приведено энергетическое распределение  $\gamma$ -квантов в лабораторной системе координат (л.с.к.). Как видно из рисунка, распределение имеет максимум в районе 50-100 Мэв, характерный для  $\gamma$ -квантов от распада  $\pi^0$ -мезонов. В связи с этим можно предположить, что большинство наблюдаемых  $\gamma$ -квантов возникает от распада  $\pi^0$ -мезонов, образующихся в неупругих  $\pi^-N$ -взаимодействиях<sup>х)</sup>. Поэтому в дальнейшем вся информация, получаемая о  $\gamma$ -квантах, связывается со свойствами  $\pi^0$ -мезонов. В этом смысле отобранные нами случаи относятся к событиям, в которых испускается один или несколько  $\pi^0$ -мезонов ( $(\pi^-N \rightarrow \pi^0)$  - взаимодействия).

2. В таблицах I и II приведены распределения наблюдаемых случаев  $(\pi^-N \rightarrow \pi^0)$ -взаимодействий по множественности заряженных частиц, соответственно, для столкновений  $\pi^-$ -мезонов с протонами и нейтронами. В этих же таблицах для сравнения приведены распределения по множественности для случаев  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействий, полученные в /1/. Как видно из таблиц, распределение по множественности событий типа  $(\pi^-N \rightarrow \pi^0)$  совпадает в пределах ошибок эксперимента с распределением для всех  $\pi^-N$ -взаимодействий. Этот факт можно понять, предположив, что среднее число  $\pi^0$ -мезонов, образующихся в  $\pi^-N$ -взаимодействиях мало меняется с множественностью.

Для определения среднего числа  $\pi^0$ -мезонов в событиях разной множественности необходимо найти число  $\pi^-N$ -взаимодействий, которым соответствует наблюдаемое число событий с образованием хотя бы одного  $\pi^0$ -мезона. Привлекая необходимые данные работы /1/, можно получить результаты, приведенные в первых строках таблиц III и IV. Как видно из таблиц, среднее число  $\pi^0$ -мезонов в пределах ошибок не меняется с множествен-

<sup>х)</sup> Наблюдаемая немонотонность спектра в области энергий  $E_\gamma > 100$  Мэв может означать, что существуют другие источники происхождения  $\gamma$ -квантов. Следует, однако, отметить, что эта немонотонность не может еще считаться статистически обеспеченной. В настоящее время продолжается работа по увеличению статистического материала и по исследованию углового распределения  $\gamma$ -квантов в обсуждаемой области энергий.

ностью заряженных частиц ( $n_3$ ) для  $n_3 > 2$ . Такой же результат имеет место и для ( $\pi^- N \rightarrow \pi^0$ ) -взаимодействий (величина  $\bar{n}'$  во вторых строках таблиц III и IY).

Следует отметить, что этот вывод качественно согласуется с приблизительным постоянством соотношения между числом событий с одной  $e^+e^-$  -парой и числом событий с двумя  $e^+e^-$  -парами во взаимодействиях с разной множественностью заряженных частиц. Например, для 2-х лучевых взаимодействий соответствующее отношение  $\frac{N_{\gamma}}{N_{\gamma\gamma}} = 7,5 \pm 2,7$ , что близко к отношению для 4-х и 6-ти лучевых взаимодействий ( $\frac{N_{\gamma}}{N_{\gamma\gamma}} = 5,5 \pm 1,7$ ).

Таким образом, можно думать, что события с разным числом заряженных частиц значительно отличаются друг от друга по суммарному числу рожденных  $\pi^-$ -мезонов всех зарядовых состояний.

3. Можно показать<sup>/2/</sup>, что среднее число  $\pi^0$ -мезонов в ( $\pi^- N \rightarrow \pi^0$ ) -взаимодействии ( $\bar{n}'$ ) связано со средним числом  $\pi^0$ -мезонов во всех  $\pi^- N$  -взаимодействии ( $\bar{n}$ ) соотношением:

$$\bar{n}' = \bar{n} + \frac{Dn}{\bar{n}},$$

где  $Dn$  - дисперсия в числе  $\pi^0$ -мезонов во всех  $\pi^- N$  - взаимодействиях<sup>x)</sup>.

Как видно из таблиц III и IY, найденные значения величин  $\bar{n}'$  для событий с разной множественностью заряженных частиц оказываются близкими к соответствующим значениям  $\bar{n}$ . Отсюда следует, что число  $\pi^0$ -мезонов в каждой группе взаимодействий флуктуирует сравнительно мало. Например, для всей совокупности  $\pi^- p$  -взаимодействий  $\bar{n}' - \bar{n} = 0,08 \pm 0,15$ , отсюда ( $\frac{Dn}{\bar{n}^2}$ ) =  $0,06 \pm 0,11$ , что заметно меньше значения, рассчитанного по статистической теории: ( $\frac{Dn}{\bar{n}^2}$ ) =  $0,55 \pm 0,08$ <sup>xx)</sup>.

4. Если учесть, что среднее число  $\pi^0$ -мезонов несколько больше единицы, то полученный качественный вывод о малых флуктуациях в числе  $\pi^0$ -мезонов может означать, что фактически почти нет неупругих  $\pi^- N$ -взаимодействий, не сопровождающихся рождением хотя бы одного  $\pi^0$ -мезона. Тогда следовало бы ожидать совпадения свойств всех  $\pi^- N$  -взаимодействий со свойствами ( $\pi^- N \rightarrow \pi^0$ ) -взаимодействий. Последнее, в частности, подтверждается совпадением угловых распределений  $\pi^-$ -мезонов в системе центра масс мезон-нуклон (с.ц.и.) для обоих классов  $\pi^- p$  -взаимодействий (см.рис. 2). В таблице Y приведены средние энергии  $\pi^-$ -мезонов,  $\pi^0$ -мезонов в л.с.к., а также средние импульсы положительных частиц в л.с.к., соответственно, для всех  $\pi^- p$  -взаимодействий и ( $\pi^- p \rightarrow \pi^0$ )-взаимодействий. Как видно из таблицы, указанные величины оказываются близкими для обоих классов взаимодействий. В этой же таблице для сравнения приведены соответствующие величины, рассчитанные по статистической теории при помощи таблиц случайных звезд<sup>/3/</sup>.

x) Формула справедлива в предположении, что эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов мала и не зависит от числа  $\gamma$ -квантов в событии.

xx) Расчет производился по таблицам случайных звезд<sup>/3/</sup>. Полученный результат интересно сопоставить с известным фактом сравнительно хорошего согласия с экспериментом выводов статистической теории, касающихся распределения по числу заряженных частиц.

5. На рис. 3 приведено угловое распределение  $\gamma$ -квантов в с.ц.и. для всех наблюдаемых  $\pi^+N$ -взаимодействий<sup>х)</sup>. Распределения построены с учетом эффективности регистрации  $\gamma$ -квантов. Как видно из рисунка, угловое распределение анизотропно.

На рис. 4 приведены отдельно угловые распределения  $\gamma$ -квантов в с.ц.м. для  $\pi^+N$ -взаимодействий малой множественности:  $\pi^+N = 0, 1, 2, 3$  и для взаимодействий большой множественности:  $n_3 = 4, 5, 6, 8$ . Как видно, величина анизотропной части уменьшается с множественностью. Отмеченные свойства угловых распределений характерны и для заряженных  $\pi$ -мезонов<sup>/1/</sup>.

В заключение авторы выражают глубокую признательность М.И.Подгорецкому и В.Н.Стрельцову за полезные обсуждения и ряд ценных советов, а также Р.Арипову, И.М.Граменицкому и А.И.Шкловской за помощь в работе. Авторы благодарны лаборантам, принимавшим участие в измерениях и расчетах.

#### Л и т е р а т у р а

1. Н.Г.Биргер, Ван Ган-чан, Ван Цу-цзен, Дин Да-пао, Ю.В.Катышев, Е.Н.Кладницкая, Д.К.Копылова, В.Б.Любимов, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитин, М.И.Подгорецкий, Ю.А.Смолин, М.И.Соловьев, З.Трка. ЖЭТФ, **41**, 1461 (1961).
2. Г.Л.Баятян, И.М.Граменицкий, А.А.Номофилов, М.И.Подгорецкий, Э.С.Скжипчак. ЖЭТФ, **36**, 690 (1959).
3. М.И.Дымент, Г.И.Копылов. Препринт ОИЯИ, Р-581 (1960).
4. Р.Арипов, В.Г.Гришин, Л.В.Сильвестров, В.Н.Стрельцов. ЖЭТФ, в печати.

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 апреля 1962 года.

---

<sup>х)</sup> Следует отметить, что в нашем случае угловые распределения  $\gamma$ -квантов близки к угловым распределениям  $\pi^0$ -мезонов.

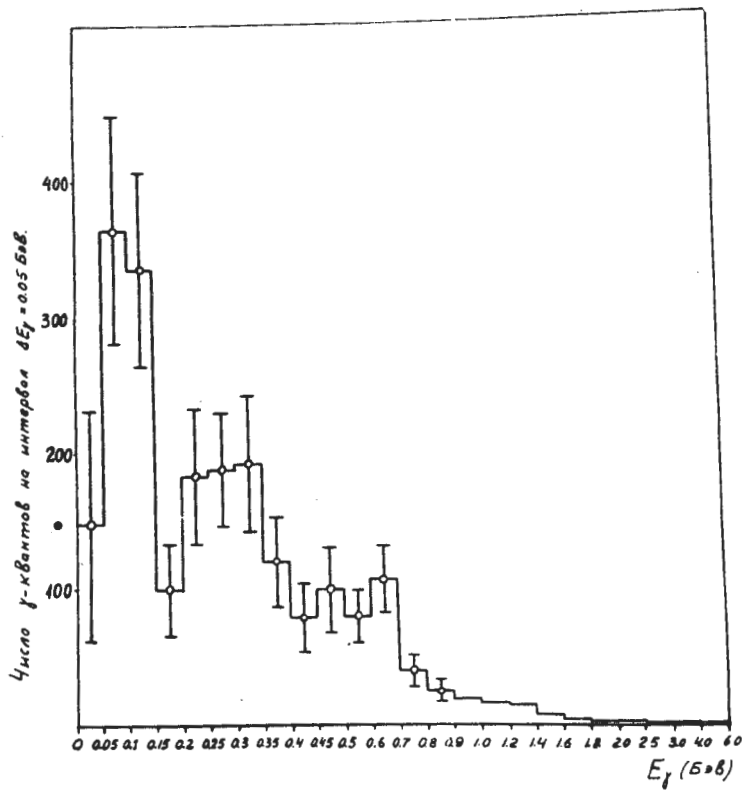


Рис. 1. Энергетическое распределение всех наблюдаемых  $\gamma$ -квантов в л.с.к.

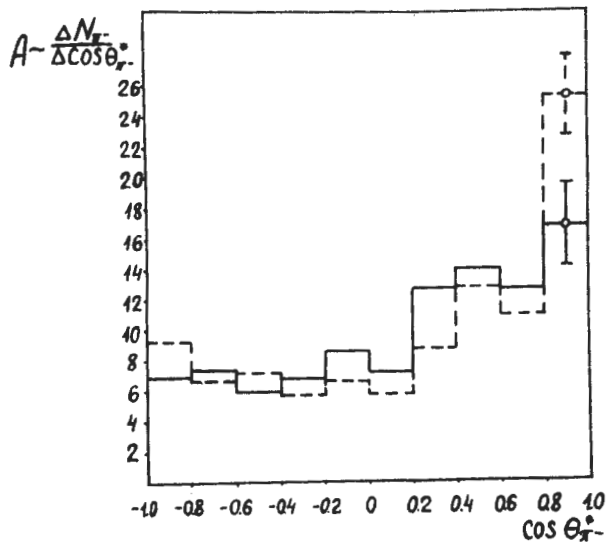


Рис. 2. Угловые распределения  $\pi^-$ -мезонов в с.ц.и. для  $(\pi^- p \rightarrow \pi^0)$ -взаимодействий. Гистограмма, отмеченная пунктирной линией, - угловое распределение  $\pi^-$ -мезонов в с.ц.и. для  $\pi^- p$ -взаимодействий<sup>/1/</sup>. Оба распределения нормированы на одинаковую площадь.

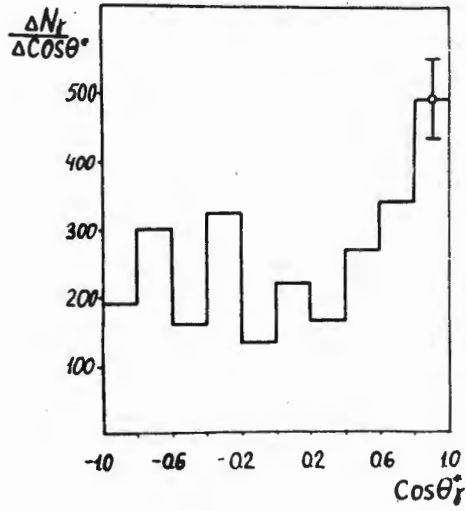


Рис. 3. Угловое распределение  $\gamma$ -квантов в с.ц.и. для всех  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$  - взаимодействий.

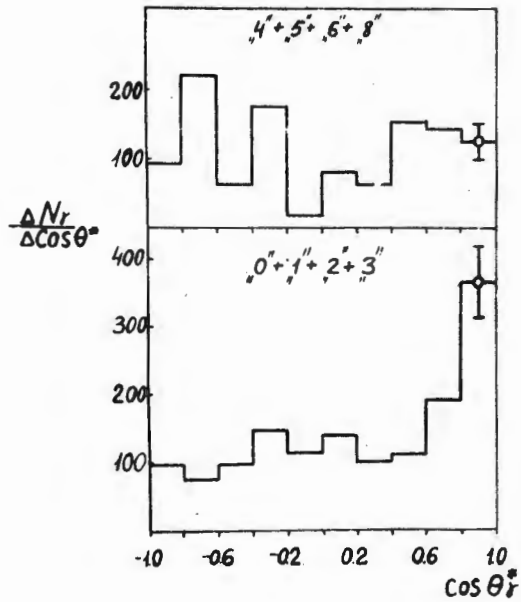


Рис. 4. Угловые распределения  $\gamma$ -квантов в с.ц.и. отдельно для событий с множественностью заряженных частиц  $n_3 = 0, 1, 2, 3$  и с множественностью  $n_3 = 4, 5, 6, 8$ .



ТАБЛИЦА I

Множественность		0	2	4	6+8	Сумма	$\bar{n}_{зар}$
(π <sup>+</sup> → π <sup>0</sup> )- Взаимог.	Число случаев	10	68	61	11	150	2.99
	%	6.7±2.2	45.3±6.7	40.7±6.2	7.3±2.3	100	±0.12
π <sup>-</sup> → π <sup>0</sup> - Взаимог. [1]	Число случаев	7	119	115	21	262	3.15
	%	2.7±1.0	45.4±4.3	43.9±4.3	8.0±1.8	100	±0.09

ТАБЛИЦА II

Множественность		1	3	5	7	Сумма	$\bar{n}_{зар}$
(π <sup>+</sup> → π <sup>0</sup> )- Взаимог.	Число случаев	14	25	13	0	52	2.96
	%	27.0±8.1	48.0±11.7	25.0±7.8	0	100	±0.19
π <sup>-</sup> → π <sup>0</sup> - Взаимог. [1]	Число случаев	16	53	21	3	93	3.24
	%	17.2±4.6	57.0±9.8	22.6±5.4	3.2±1.9	100	±0.15

ТАБЛИЦА III

	Множест. заряженн. частиц (n <sub>зар</sub> )				Среднее по четным Взаимог.
	0	2	4	6+8	
$\bar{n}$	3.2±0.89	1.05±0.11	1.2±0.14	1.35±0.35	1.4±0.11
$\bar{n}'$	3.7±1.85	1.20±0.20	1.45±0.27	1.35±0.60	1.48±0.18

ТАБЛИЦА IV

	Множест. заряженн. частиц (n <sub>зар</sub> )			Среднее по нечетным Взаимог.
	1	3	5	
$\bar{n}$	1.75±0.44	0.70±0.13	1.20±0.31	1.0±0.14
$\bar{n}'$	2.0±1.10	1.4±0.4	1.15±0.50	1.5±0.32

ТАБЛИЦА V

Множественность		0	2	4	6	Сумма
Средняя энергия π <sup>±</sup> -мезонов в л.с.к. (БэВ)	π <sup>+</sup> → π <sup>0</sup>	1.2±0.6 <sup>х)</sup>	1.70±0.30	1.10±0.25	1.18±0.52	1.4±0.20
	π <sup>-</sup>	2.04±0.12 <sup>х)</sup>	1.29±0.30	0.77±0.12	0.93±0.46	1.08±0.18
	Сит. теория	1.50±0.33	1.54±0.09	1.13±0.30	0.39±0.27	1.41±0.07
Средняя энергия π <sup>±</sup> -мезонов в л.с.к. (БэВ)	π <sup>+</sup> → π <sup>0</sup>	—	2.00±0.16	1.15±0.09	0.81±0.11	1.51±0.10
	π <sup>-</sup>	—	2.60±0.19	1.40±0.09	0.86±0.07	1.64±0.08
	Сит. теория	—	1.42±0.14	1.13±0.30	0.98±0.15	1.41±0.07
Средний импульс π <sup>±</sup> -частиц в л.с.к. (БэВ)	π <sup>+</sup> → π <sup>0</sup>	—	1.49±0.17	0.99±0.08	1.0±0.15	1.21±0.07
	π <sup>-</sup>	—	1.34±0.13	1.22±0.07	1.02±0.11	1.23±0.06

х) При расчете средних энергий π<sup>0</sup>-мезонов для "0" - лучевых взаимодействий были также использованы случаи, проанализированные в [4].