

С 346.26

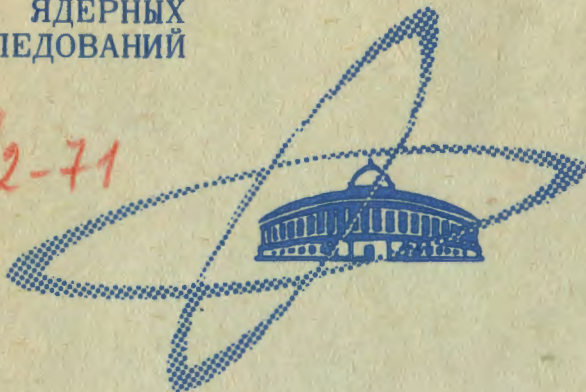
29/11-71

3-937

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

940/2-71



P1 - 5571

Р.Я. Зилькарнеев, Б.М. Овчинников ,
Н.А. Полтавская , О.Я. Федоров

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

СРАВНЕНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ПО МЕЗОНООБРАЗОВАНИЮ
В pp-СОУДАРЕНИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ 660 МЭВ
С ПРЕДСКАЗАНИЯМИ МОДЕЛИ OPE

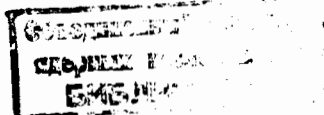
1971

P1 - 5571

Р.Я. Зулъкарнеев, Б.М. Овчинников*,
Н.А. Полтавская*, О.Я. Федоров*

**СРАВНЕНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ПО МЕЗОНООБРАЗОВАНИЮ
В pp-СОУДАРЕНИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ 660 МЭВ
С ПРЕДСКАЗАНИЯМИ МОДЕЛИ ОРЕ**

* Ленинградский филиал ФТИ АН СССР



Процессы мезонообразования в NN -соударениях в области энергий, близких к 660 Мэв, изучались неоднократно^{/1-19/}. Эти и другие экспериментальные результаты нашли достаточно хорошее описание с точки зрения известной модели Мандельстама^{/20/}. Вместе с тем интерпретация ряда опытных данных в рамках этой модели встречает затруднения^{/4,6/}. Поскольку многие особенности реакций типа



в области 1+3 Гэв объясняются периферической моделью однопионного обмена (OPE)^{/21/} для широкого диапазона значений переданного импульса, то можно предположить, что и при более низких энергиях этот подход может оказаться полезным для понимания механизма мезонообразования. Это предположение подкрепляется результатами сравнений Феррари и Селлери^{/21/}, которые обнаружили, что рассчитанные в приближении OPE полные сечения реакции $pp \rightarrow \pi^+ pr$ в диапазоне 0,4+3 Гэв близки к экспериментальным значениям. Поэтому представляется интересным провести систематическое сравнение уже имеющихся экспериментальных данных о процессах (1) в области энергий 660 Мэв с предсказаниями этой модели. В настоящей работе такое сопоставление проводится, в основном, для реакции



т.к. этот процесс при 660 Мэв является одним из наиболее интенсивных и хорошо изученных каналов реакции (1).

Расчёты проводились в соответствии с работой Селлери^{/22/}. Были учтены четыре полюсные диаграммы Фейнмана, описывающие процесс 1 и различающиеся между собой перестановкой начальных и конечных нуклонов. При нахождении матричных элементов реакции принималась во внимание только интерференция между диаграммами, отличающимися перестановкой начальных нуклонов. Учёт остальных интерференционных членов является довольно сложным, и, как показано ранее конкретными расчётами, в области энергий ≈ 1 Гэв^{/21/} вносит пренебрежимо малый вклад.

В соответствии с^{/21/} учитывалось резонансное (3,3)-состояние πN -подсистемы. Выражение для форм-фактора $G(\Delta^2)$ бралось в виде^{/23/}

$$G = \frac{9\mu^2}{10\mu^2 + \Delta^2},$$

где μ - масса π -мезона, Δ^2 - переданный нуклону 4-импульс отдачи. В расчётах использовалось следующее выражение для элемента фазового объема:

$$\Phi = \sum_{m=1,2} \frac{q_1 q_2^2}{q_{10} q_{20} |\beta_1 - \beta_2 \cos(\bar{q}_2, \bar{q}_1)| q_{10m}} d q_0 d \Omega_\pi d \Omega_p,$$

где q , q_1 , q_2 - модули 3-импульсов соответственно π -мезона, протона и нейтрона в конечном состоянии; q_0 , q_{10} , q_{20} - полные энергии π^+ -мезона, протона и нейтрона; β_1 , β_2 - скорости конечных протона и нейтрона; q_{10m} ($m = 1, 2$) - корни кинематического уравнения, составленного на основе законов сохранения энергии и импульсов; $d \Omega_\pi = d \cos \theta_\pi d \phi_\pi$, $d \Omega_p = d \cos \theta_p d \phi_p$.
Здесь Ω , θ и ϕ - телесный, полярный и азимутальный углы соответственно. Нижний индекс отмечает частицу (π -мезон или протон).

При сделанных предположениях с помощью численного интегрирования на ЭВМ был произведен расчёт следующих величин:

1) $d^2 \sigma^L / d T_\pi^L d \Omega_\pi^L$ - одиночных энергетических спектров π^+ -мезонов в л.с.;

2) $d^2 \sigma^* / d p_p^* d \Omega_p^*$ - одиночных импульсных спектров протонов в с.ц.м.;

3) $d \sigma^* / d \Omega_p^*$ - углового распределения протонов.

Результаты расчёта приведены на рис. 1-5 вместе с соответствующими экспериментальными величинами, взятыми нами из работ^{/2,5,7,10,17,18/}. Как можно видеть из этих рисунков (см. рис. 1-4), форма измеренных при энергиях 600 и 660 Мэв спектров π -мезонов качественно согласуется с предсказаниями ОРЕ в угловом диапазоне 0,8 - 160° л.с. Этот факт не является удивительным, поскольку форма одиночных спектров, в основном, определяется резонансным (3,3) характером πN -взаимодействия. В ряде случаев расчёт предсказывает и абсолютные значения величин сечений (см. рис. 2).

На рис. 5а представлены рассчитанные нами импульсные распределения протонов суммарно для реакций $pp \rightarrow \pi^+ p p$ и $\pi^0 p p$ вместе с соответствующими экспериментальными результатами^{/17/}. Предсказываемые спектры нормированы по площади на экспериментальные величины. Снова можно видеть, что ОРЕ качественно объясняет форму экспериментальных спектров. Следует заметить, что для угловых и импульсных распределений авторы^{/17/} не указывают погрешностей. Если учесть приведенные в работе^{/17/} ошибки измерений энергетических спектров в л.с., исходя из которых были восстановлены угловые и импульсные распределения в с.ц.м., можно показать, что интересующий нас коридор статистических ошибок не превосходит 3-7%. Другим указанием на возможную периферическую природу неупругих pp -взаимодействий при 660 Мэв является выделенность углового распределения протонов от реакций $pp \rightarrow \pi^+ p p$ и $\pi^0 p p$ в направлениях вперед-назад^{/17/}. Однако наш расчёт передает только общий характер угловой зависимости, причём экспериментальное распределение более анизотропно, чем предсказываемое ОРЕ (см. рис. 5в).

Обобщая результаты сравнений, можно отметить, что имеется качественное согласие ОРЕ с большинством измерений одиночных спектров π^+ -мезонов и протонов в реакции (2). Это обстоятельство находится в согласии с выводами работы^{/18/}, где было обнаружено удовлетворительное совпадение предсказаний ОРЕ для поляризации протонов в реакциях $pp \rightarrow \pi^+ p p$ и $\pi^0 p p$ при 669 Мэв. Однако в ряде случаев предсказания ОРЕ существ-

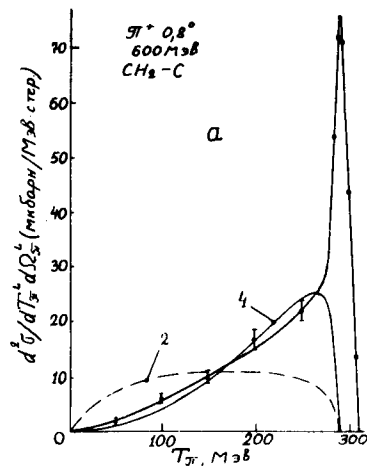
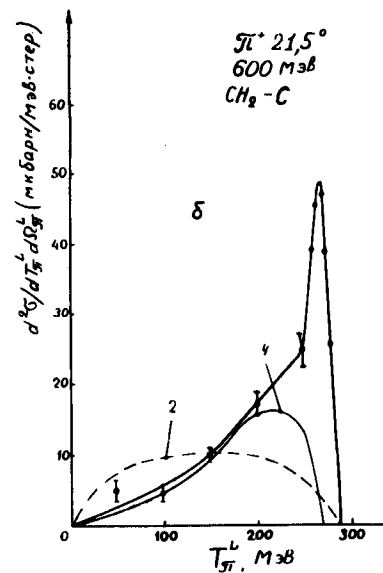
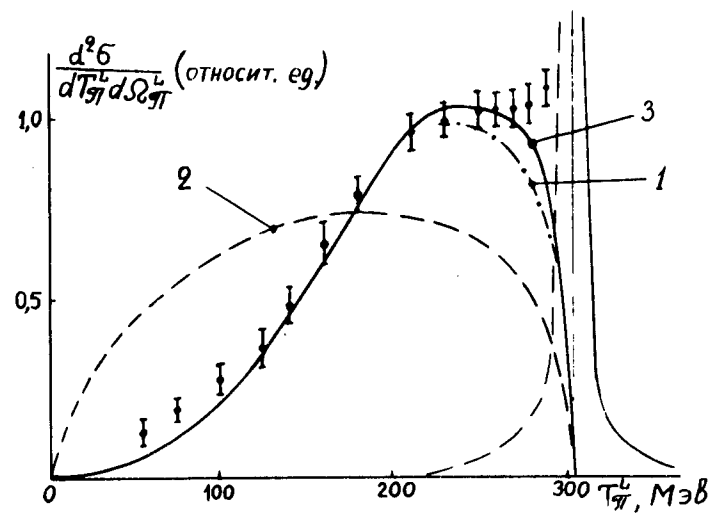


Рис. 1. Энергетический спектр π^+ -мезонов от реакций $pp \rightarrow \pi^+d + \pi^+np$ при энергии 600 МэВ. а) угол вылета π -мезона $\theta_{\pi}^L = 0,8^\circ$ л.с.; б) $\theta_{\pi}^L = 21,5^\circ$ л.с. Кривые 2 - фазовый объем; 4 - OPE.



$$\left. \frac{d\sigma}{d\Omega_{\pi}^L} \right|_{\text{экс}} = (4,7 \pm 1,0) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2 \cdot \text{стер}^{-1}$$

$$\left. \frac{d\sigma}{d\Omega_{\pi}^L} \right|_{\text{OPE}} = 2,94 \cdot 10^{-27} \text{ см}^2 \cdot \text{стер}^{-1}$$

Рис. 2. Спектр π^+ -мезонов от реакций $pp \rightarrow \pi^+d + \pi^+np$ при энергии 657 МэВ^{15/} для угла $\theta_{\pi}^L = 24^\circ$. Кривая 1 - спектр π^+ -мезонов без канала $pp \rightarrow \pi^+d$; 2 - фазовый объем; 3 - OPE. Кривые 2 и 3 нормированы по площади на экспериментальное распределение.

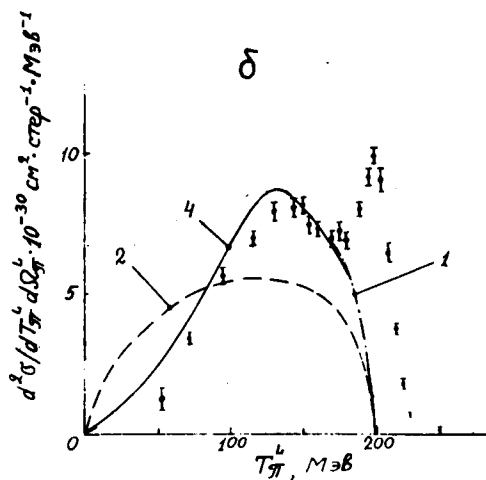
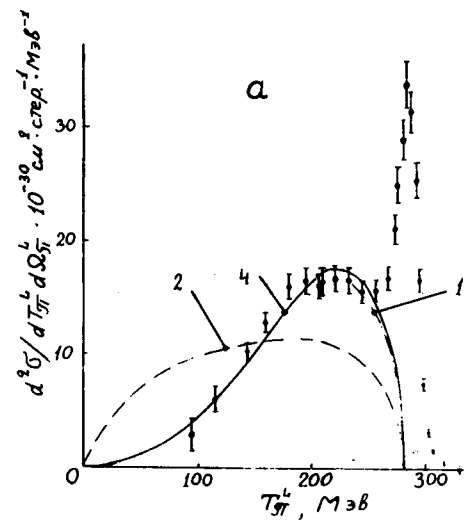


Рис. 3. То же, что на рис. 2 для энергии 654 Мэв/1/. Обозначения кривых 1 и 2 аналогичны рис. 2; 4 - ОРЕ. а) $\theta_{\pi}^L = 30^\circ$; б) $\theta_{\pi}^L = 56^\circ$.

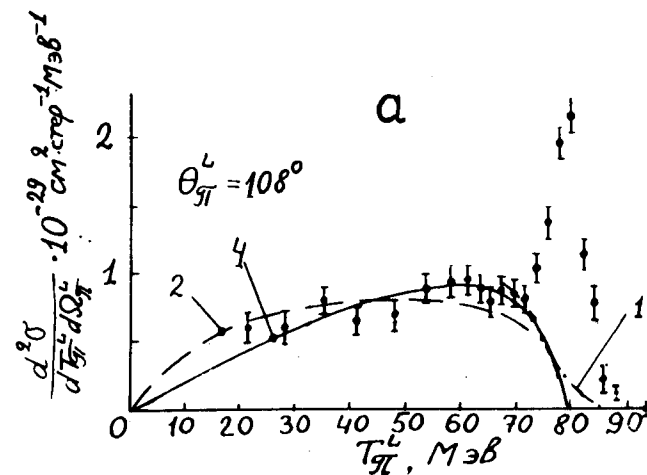
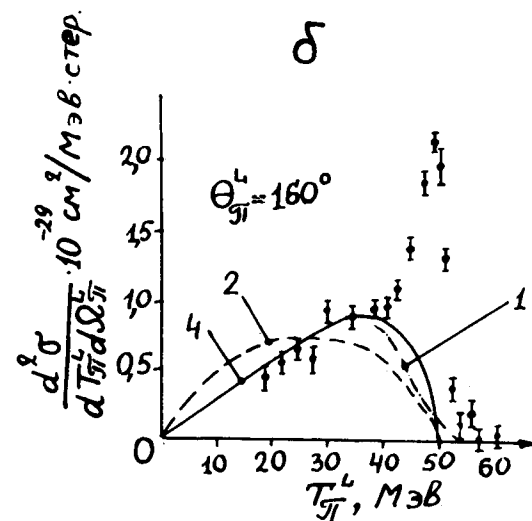


Рис. 4. То же, что на рис. 1. а) $\theta_{\pi}^L = 108^\circ$ л.с.; б) $\theta_{\pi}^L = 160^\circ$ л.с.

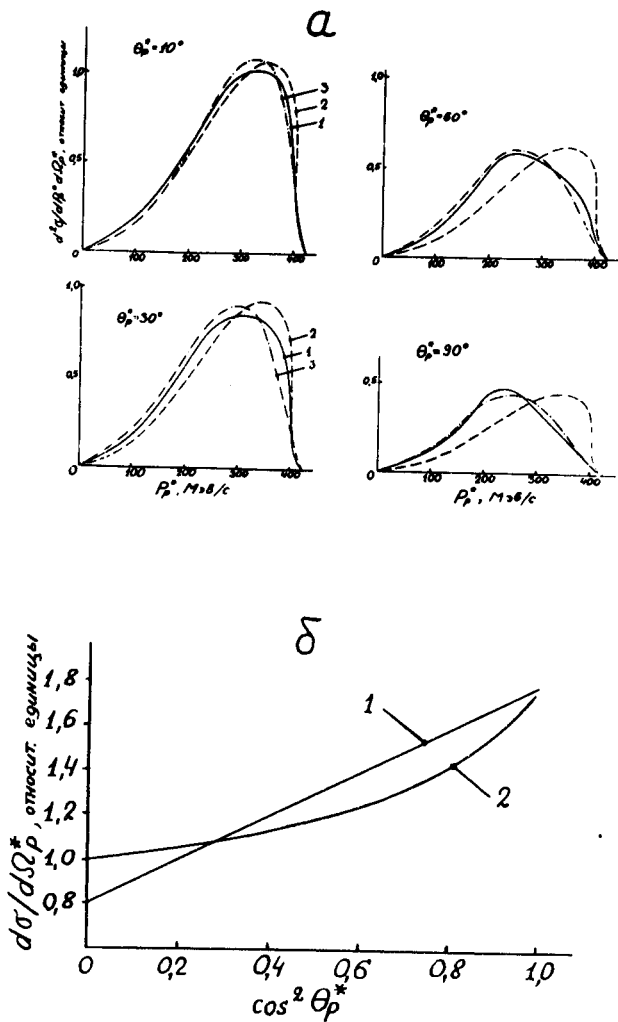


Рис. 5. а) Импульсные распределения протонов для случая $pp \rightarrow \pi^+ p + \pi^0 pp$ при энергии 660 Мэв для различных углов в с.д.м.^[17]. Кривые 1 - эксперимент; 2 - фазовый объем; 3 - ОРЕ. Нормировка 2 и 3 произведена на экспериментальные распределения. б) Угловое распределение протонов в СЦМ для того же случая. 1 - экспериментальная кривая; 2 - ОРЕ. Замечания о погрешностях см. в тексте.

венно расходятся с экспериментальными фактами. Так, например, асимметрия испускания π^+ -мезонов из реакции (2) на поляризованном пучке, рассчитанная на основе ОРЕ^{/24/}, и ее соответствующее значение, измеренное в работе^{/8/}, не согласуются между собой. Не совпадают по форме с ОРЕ и результаты прецизионных измерений одиночных спектров π^+ -мезонов при энергии 660 Мэв в работе^{/6/}. Обращает на себя внимание и тот факт, что коэффициенты поглощения $\sigma_{j,l}$ в состояниях $^3P_{0,1,2}$, 1D_2 и $^3F_{2,3}$, найденные из фазового анализа упругого NN-рассеяния^{/25-27/} и вычисленные Амальди^{/23/}, исходя из представлений ОРЕ, также не совпадают между собой (см. табл. 1). Наши результаты и результаты других работ^{/6,24/} могут свидетельствовать о том, что привлечение механизма ОРЕ в приближении 3-3-резонанса для интерпретации данных по рождению мезонов в NN-соударениях в области 660 Мэв не вполне обосновано с экспериментальной точки зрения. Не исключено, что использованный нами вариант ОРЕ работы^{/22/} требует уточнений: учёта взаимодействия двух нуклонов в конечном состоянии, достаточно детального учёта всех нерезонансных состояний πN -подсистемы и интерференционных членов в матричном элементе реакции. Кроме этого можно попытаться рассмотреть дополнительно к ОРЕ некоторые виды других механизмов взаимодействия.

Авторы благодарны В.К. Сусленко за обсуждение вопросов, затронутых в работе.

Литература

1. В.П. Джелепов, В.И. Москалев, С.В. Медведь. ДАН СССР, 104, 380 (1955).
2. Б.С. Неганов, О.В. Савченко. ЖЭТФ, 37, 1265 (1957).
3. А.Г. Мешковский, Я.Я. Шаламов, В.А. Шебанов. ЖЭТФ, 35, 64 (1958).
4. В.М. Гужавин, Г.К. Клигер, В.З. Колганов и др. ЖЭТФ, 46, 1245 (1965).
5. М.Г. Мешеряков, В.П. Зрелов, Б.С. Неганов. ЖЭТФ, 31, 45 (1957).
6. Ю.Л. Батусов, Н.Н. Костанашвили, Г.И. Лебедев и др. Препринт ОИЯИ Р1-4491, Дубна, 1969.
7. В.Г. Вовченко, Г. Гельфер, А.С. Кузнецов и др. ЖЭТФ, 39, 1557 (1960).
8. А.А. Борисов, А.С. Кузнецов, В.Е. Лукашев и др. ЯФ, 5, 348 (1967).

9. Л.С. Ажгирей, И.К. Взоров, В.Н. Жмыров и др. Препринт ОИЯИ Р1-3971, Дубна, 1968.
10. В.Г. Вовченко. ДАН СССР, 163, 1348 (1965).
11. М.Г. Мещеряков, Б.С. Неганов, Н.П. Богачев, В.М. Сидоров. ДАН СССР, 100, 673 (1955).
12. А.Ф. Дунайцев, Ю.Д. Прокошкин. ЖЭТФ, 36, 1656 (1959).
13. М.Г. Мещеряков, Б.С. Неганов. ДАН СССР, 100, №4, 677 (1955).
14. Ю.М. Казаринов, Ю.Н. Симонов. ЖЭТФ, 1 (7), 78, (1958).
15. A.P. Batson, B.B. Culwick, H.B. Klepp, L. Riddiford. Proc.Roy. Soc., A251, 233 (1959).
16. Ю.Д. Прокошкин, А.А. Тяпкин. ЖЭТФ, 32, 750 (1957).
17. М.Г. Мещеряков, Б.С. Неганов, И.К. Взоров и др. ДАН СССР, 109, 499 (1956).
18. W. Hirt, E. Heer, M. Martin et al., Preprint CERN, 69-24, 1969.
19. Л.С. Ажгирей, И.К. Взоров, В.Н. Жмыров и др. Препринт ОИЯИ, Р1-5293, Дубна, 1970.
20. S. Mandelstam. Proc.Roy.Soc., A244, 491 (1958).
21. E. Ferrari. Nuovo Cimento., 27, 1450 (1963).
22. F. Selleri. Nuovo Cimento., 40A, 236 (1965).
23. V. Amaldi, P. Biancastelli, S. Francaviglia, Nuovo Cimento, 47, 85 (1967).
24. С.Б. Нурушев, В.Л. Соловьянов. Препринт ОИЯИ, Р-2382, Дубна, 1965.
25. С.И. Биленькая, Л.Г. Глонти, Ю.М. Казаринов, В.С. Киселев. Препринт ОИЯИ, Р1-4960, Дубна, 1970.
26. Л.Н. Глонти, Ю.М. Казаринов, А. Розанова, И. Силян. Препринт ОИЯИ, Р2-3525, Дубна, 1967.
27. В.Г. Вовченко, Р.Я. Зилькарнеев, В.С. Киселев. ЖЭТФ, 58, 825 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел

14 января 1971 года.

Табл. 1. Значения коэффициентов поглощения μ , найденные из фазового анализа NN -рассеяния и вычисленные в приближении ОРЕ.

Начальное состояние	Значения коэффициентов поглощения μ , найденные из фазового анализа NN -рассеяния при 640 Мэв			
	Решение- А /27/	Решение - В /27/	из работ /25,26/	расчёт Амальди /23/
3P_0	$0,783 \pm 0,122$	$0,811 \pm 0,144$	-	0,987
3P_1	$0,789 \pm 0,115$	$0,808 \pm 0,118$	-	0,904
3P_2	$0,918 \pm 0,060$	$0,741 \pm 0,084$	$0,840 \pm 0,042$	0,962
1D_2	$0,776 \pm 0,018$	$0,775 \pm 0,016$	$0,681 \pm 0,046$	0,721
3F_2	$0,778 \pm 0,054$	$0,904 \pm 0,046$	$0,919 \pm 0,046$	0,972
3F_3	$0,822 \pm 0,047$	$0,806 \pm 0,044$	$0,870 \pm 0,022$	0,903