

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



A-646

12/1-76
P1 - 9238

112/2-76

ИЗУЧЕНИЕ

КОГЕРЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ π^- -МЕЗОНОВ
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

Сотрудничество: Алма-Ата - Будапешт - Бухарест -
Варшава - Дубна - Краков - Москва -
София - Ташкент - Тбилиси -
Улан-Батор - Ханой

1975

P1 - 9238

ИЗУЧЕНИЕ

КОГЕРЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ π^- -МЕЗОНОВ
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

Сотрудничество: Алма-Ата - Будапешт - Бухарест -
Варшава - Дубна - Краков - Москва -
София - Ташкент - Тбилиси -
Улан-Батор - Ханой

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Н.Ангелов, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин, С.В.Джмухадзе, Л.А.Диденко,
И.А.Ивановская, Т.Я.Иногамова, Т.Канарек, Е.Н.Кладницкая, В.Б.Любимов,
Н.Н.Мельникова, В.Ф.Никитина, В.М.Попова, М.Сабзу, А.Н.Соломин, П.М.Суд,
Х.Семерджиев, М.И.Соловьев, Д.Тувдендорж, Н.Г.Фадеев, Э.Т.Цивцивадзе,
Л.М.Щеглова, Г.Янчо

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна.

Е.О.Абдрахманов, А.Н.Басина, А.Х.Виницкий, Л.Е.Еременко, Л.С.Страутман,
И.С.Стрельцова, Ж.С.Такибаев

Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата.

Т.Гемеш, Л.Йеник, Д.Киш, Ш.Красновски, Д.Пинтер, М.Пош, К.Хайду, В.Яноши
Центральный институт физических исследований,
Будапешт.

О.Балеа, В.Болдеа, Т.Понта, С.Фелеа,

Институт атомной физики, Бухарест.

Е.Биалковска, В.Вуйшик, Я.Гаевски, М.Гурски, Р.Гокиели, Р.Сосновски

Институт ядерных исследований и Институт физики
Варшавского университета, Варшава.

Л.Анела, Е.Бартке, А.Квятковска, Г.Рудницка

Институт ядерной физики и Институт ядерной техники, Краков.

Н.О.Ахабабян, Л.Грекова, Н.П.Иков, П.П.Керачев, В.Н.Пенев, А.И.Шкловская

Физический институт и Машино-энергетический институт, София.

С.А.Азимов, К.Г.Гуламов, Ш.В.Иногамов, С.Л.Лутфуллаев, Е.В.Меерзон,

В.Ш.Навотный, К.Олимов, Г.М.Чернов, А.А.Юлдашев, Б.С.Юлдашев

Физико-технический институт АН УзССР, Ташкент.

Л.Н.Абесалашвили, Н.С.Амаглобели, Д.В.Герсамия, М.А.Дасаева, Н.К.Куциди,

Р.Г.Салуквадзе, Н.С.Чаргейшвили

Тбилисский государственный университет, Тбилиси.

У.Баатар, Б.Чадраа

Институт физики и математики МАН, Улан-Батор.

Нгуен Дин Ты

Ханойский университет, Ханой.

Изучение когерентных взаимодействий π^- -мезонов с ядрами углерода при импульсе 40 ГэВ/с

Нами исследовались когерентные взаимодействия π^- -мезонов с ядрами углерода, зарегистрированные в 2-метровой пропановой камере ^{/1/}. Когерентные взаимодействия обладают рядом особенностей, которые позволяют их отделить от других взаимодействий π -мезонов с ядрами и нуклонами вещества ^{/2/}.

В настоящей работе изучались следующие каналы когерентных взаимодействий:

$$\pi^- + C \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+ + C, \quad /1/$$

$$\pi^- + C \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+ \pi^0 \pi^0 + C, \quad /2/$$

$$\pi^- + C \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^- \pi^+ \pi^+ + C. \quad /3/$$

Ввиду трудности выделения однолучевые когерентные взаимодействия не исследовались.

Первые оценки сечений когерентных взаимодействий для реакций /1-3/ при этой же энергии сделаны в работе ^{/3/} путем анализа распределений по множественности заряженных частиц и γ -квантов.

Наиболее простым и часто употребляемым критерием выделения когерентных взаимодействий является критерий, получаемый исходя из требования малости импульса, передаваемого ядру-мишени ^{/4/}:

$$\sum_i \text{Sin} \theta_i \leq A^{-1/3}, \quad /4/$$

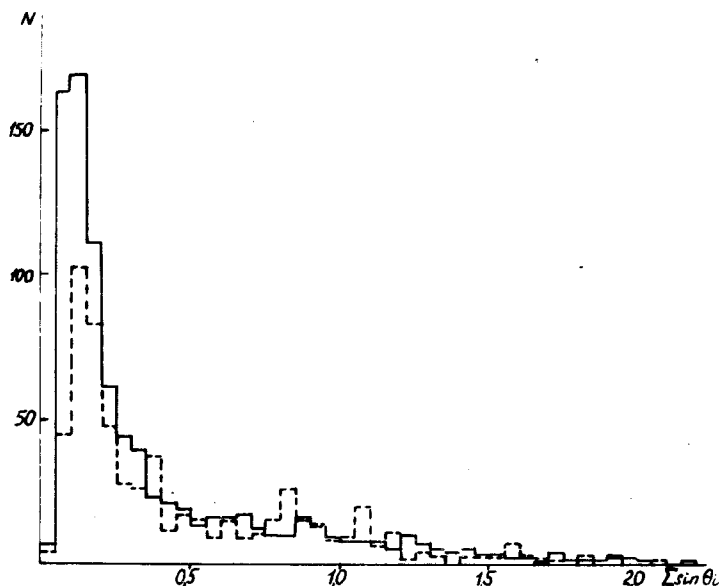


Рис. 1. Распределение по $\Sigma \text{Sin } \theta_i$ для трехлучевых взаимодействий /сплошная линия/ и четырехлучевых с медленным протоном одачи /пунктирная линия/.

где θ_i - угол вылета i -той частицы по отношению к направлению первичного пучка, A - атомный вес ядра мишени. Но с ростом энергии первичной частицы этому условию удовлетворяет большинство событий в связи с тем, что угловое распределение частиц становится более узким. Однако оценки сечений могут быть получены, если учесть фон от пион-нуклонных взаимодействий.

В качестве фоновых взаимодействий мы использовали трех- и пятилучевые взаимодействия с γ -квантами и V^0 -частицами, а также четырех- и шестилучевые события с протонами, при этом протон не принимался во внимание при расчетах.

На рис. 1 представлено распределение по $\Sigma \text{Sin } \theta_i$ для трехлучевых взаимодействий /сплошная линия/. Для исключения фона некогерентных событий использовались четырехлучевые взаимодействия /пунктирная линия/, причем нормировка была проведена для событий с $\Sigma \text{Sin } \theta_i \geq 0,45$. Эта величина $\Sigma \text{Sin } \theta_i$ соответствует

ядру углерода ($A=12$). По нашим оценкам, расхождение между приведенными распределениями не наблюдается до $\Sigma \text{Sin } \theta_i = 0,3$. Оцененное таким способом суммарное сечение реакций /1/ и /2/ оказалось равным $\sigma = /3,5 \pm 0,5/$ мбн.

Более полную информацию о взаимодействии можно получить, используя величину квадрата четырехмерного импульса, передаваемого образованной системе из трех или пяти пионов. Так как образованная система имеет массу больше массы налетающего π -мезона, то $t_{\text{min}} \neq 0$, и поэтому обычно рассматривают распределение по величине $t' = t - t_{\text{min}}$.

Для дифракционных процессов на ядре спектр по t' имеет экспоненциальный характер с резко выраженным максимумом в районе нуля, а величина наклона спектра определяется размером исследуемого ядра:

$$\frac{d\sigma}{dt'} = \text{Const} \cdot \exp \left[-t' \frac{R^2}{3} \right], \quad /5/$$

где R - радиус ядра.

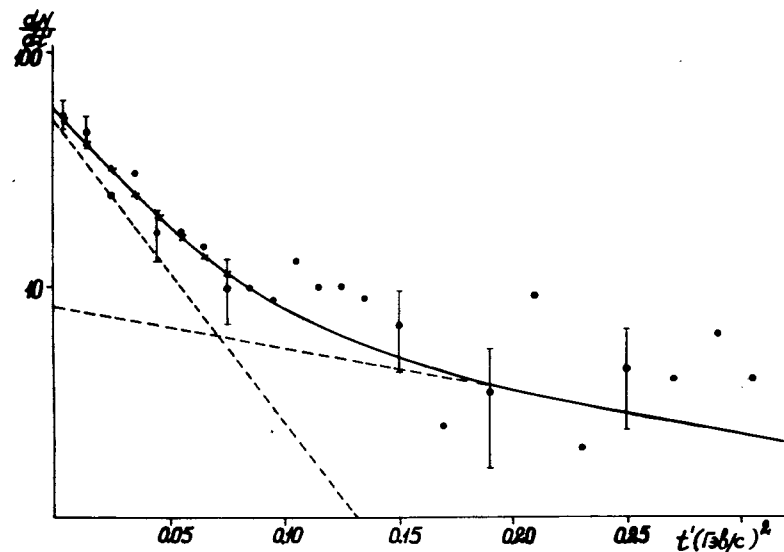


Рис. 2. Распределение по t' для трехлучевых взаимодействий без γ -квантов.

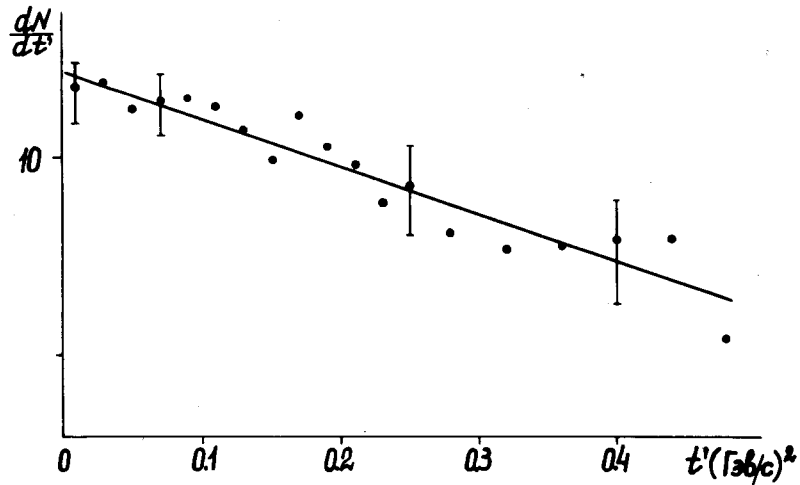


Рис. 3. Распределение по t' для четырехлучевых взаимодействий с медленным протоном отдачи.

При выделении когерентных взаимодействий распределение по t' аппроксимируется обычно двумя экспонентами с различными наклонами, соответствующими дифференциальному сечению на нуклоне λ_1 и на ядре λ_2 . Для того, чтобы получить сечение реакции /1/, нами были отобраны трехлучевые взаимодействия без γ -квантов. Распределение по t' для этих событий представлено на рис. 2 /сплошная линия/. Как видно из рисунка, распределение по t' можно аппроксимировать двумя экспонентами с различными показателями, которые, после учета экспериментальных ошибок в t' , оказались равными $\lambda_2 = /45 \pm 6/$ для области малых значений t' и $\lambda_1 = /6,2 \pm 1,5/$ для области больших величин t' . Последняя величина совпадает со значением наклона в спектре по t' для четырехлучевых пион-нуклонных взаимодействий $\lambda_1 = /7,0 \pm 0,5/$, рис. 3.

Исходя из вышесказанного, сечение когерентной реакции /1/ получаем интегрированием спектра по t' , и оно оказывается равным $\sigma_1 = /2,7 \pm 0,2/$ мби. Соответствующее этому сечению число событий когерентной реакции /1/ равно 174 ± 14 , что составляет 19% от полного числа трехлучевых взаимодействий.

Величина сечения реакции /1/, пересчитанная на среднее ядро эмульсии, хорошо согласуется с теоретическими расчетами по модели Глаубера в предположении, что образуется система, подобная A_1 -резонансу /линия 1, рис. 4/, но со спектром масс, взятым из эксперимента /5/, а не брейт-вигнеровской формы. Кривые 2 и 3 на рис. 4 соответствуют расчетам, предполагающим образование A_1 -резонанса и независимое рождение $\rho\pi$ -системы соответственно. При расчетах по модели Глаубера учитывалась зависимость от энергии сечения образования трех пионов на нуклоне, которая определялась исходя из требования наилучшего согласия с экспериментом в области когерентного пика /2/.

Определив суммарное сечение реакций /1/ и /2/ из распределения по $\Sigma \sin \theta_i$ и сечение реакции /1/ из

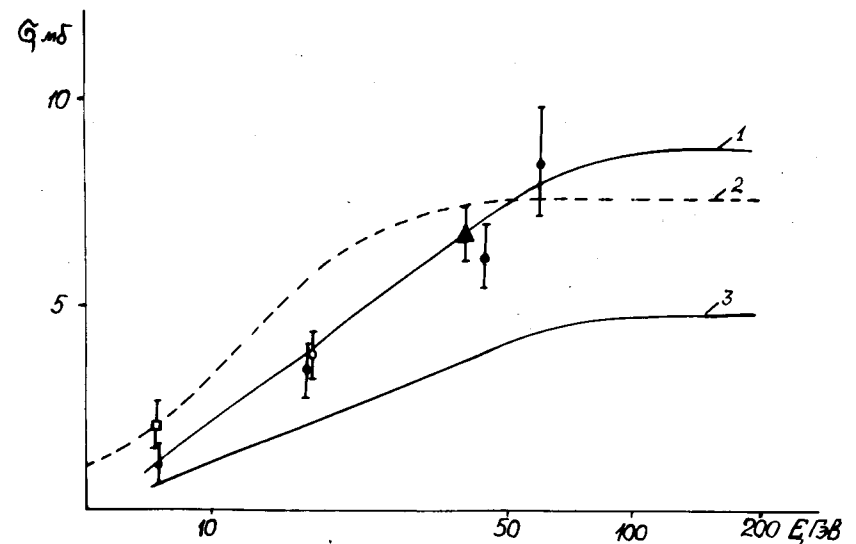


Рис. 4. Зависимость сечения когерентной реакции /1/ от энергии первичного π^- -мезона, полученная по модели Глаубера в предположении: 1 - образования системы, подобной A_1 -резонансу, с экспериментальным спектром масс, 2 - рождения A_1 -резонанса, 3 - независимого рождения $\rho\pi$ -системы. \blacktriangle - данные, полученные в настоящей работе; \bullet - эмульсионные данные.

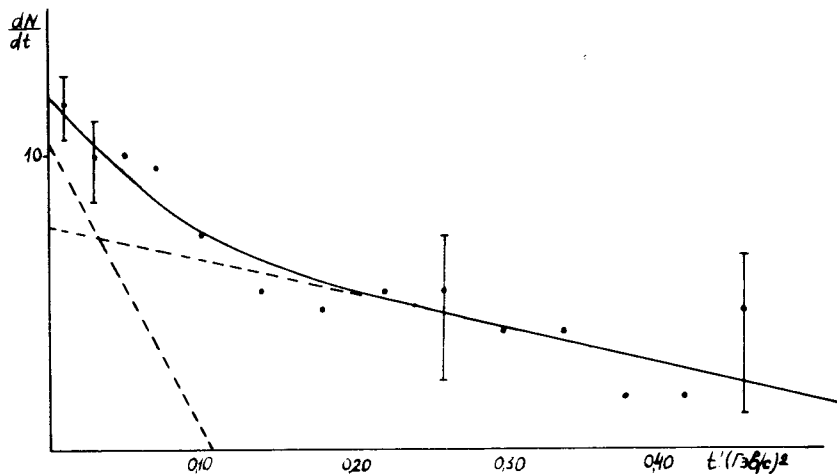


Рис. 5. Распределение по t' для пятилучевых взаимодействий без γ -квантов.

анализа распределений по t' , мы получили сечение для реакции /2/, равное $\sigma_2 = /0,8 \pm 0,5/$ мбн.

Аналогичный анализ распределений по t' был проведен и для пятилучевых взаимодействий /рис. 5/. В этом случае $\lambda_2 = /45 \pm 18/$, а сечение реакции /3/ равно $\sigma_3 = /0,37 \pm 0,08/$ мбн.

Для дальнейшего анализа когерентных взаимодействий мы использовали следующие критерии их отбора:

$$\sum \sin \theta_i \leq 0,3, \quad /6/$$

$$\sum (E_i + \Delta E_i) \geq E_0. \quad /7/$$

$$t' \leq 0,06 \text{ (ГэВ/с)}^2. \quad /8/$$

Критерий /8/ выбран на том основании, что, ограничиваясь такой величиной t' , мы теряем не более 15% когерентных взаимодействий, но исключаем 50% фоновых. Число трехлучевых событий, выделенных по критериям /6/-/8/, равно 140, в то время как ожидаемое

число событий до $t' \leq 0,06 \text{ /ГэВ/с}^2$ должно быть ≈ 145 . Это говорит о том, что отобранные нами взаимодействия с большой вероятностью являются когерентными.

Распределение по эффективным массам трех пионов $M_{3\pi}$ для отобранных событий представлено на рис. 6. Как видно из рисунка, большинство событий сконцентрировано в области $\approx 1,1 \text{ ГэВ}$. Среднее значение $\langle M_{3\pi} \rangle$ равно $/1,20 \pm 0,01/ \text{ ГэВ}$. При энергии $17 \text{ ГэВ}^{/2/}$ $\langle M_{3\pi} \rangle = /1,12 \pm 0,05/ \text{ ГэВ}$, при энергии 60 ГэВ $\langle M_{3\pi} \rangle = /1,38 \pm 0,07/ \text{ ГэВ}$.

На рис. 7 приведено распределение эффективных масс пар $\pi^+ \pi^-$ -мезонов /сплошная линия/ и $\pi^- \pi^-$ -мезонов /пунктирная линия/. Если принять, что распределение

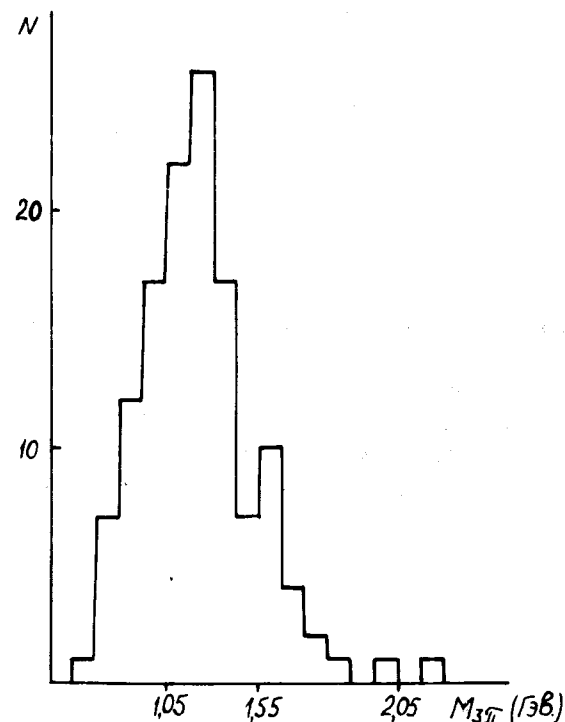


Рис. 6. Распределение по $M_{3\pi}$ для событий когерентной реакции /1/, отобранных по критериям /6/-/8/.

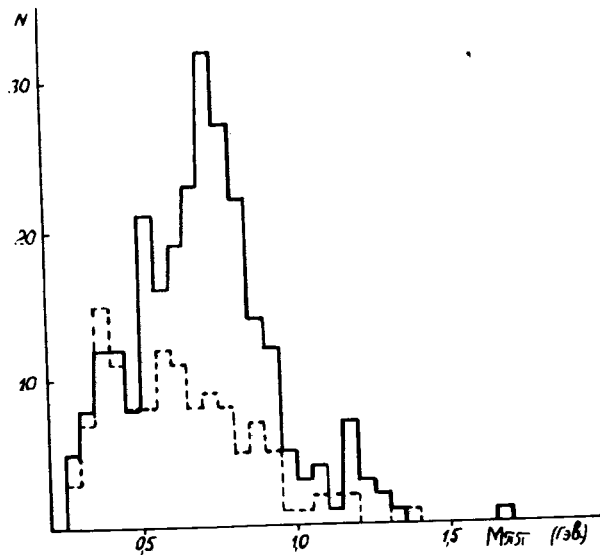


Рис. 7. Распределение по $M_{\pi\pi}$ для событий когерентной реакции /1/, отобранных по критериям /6/-/8/. Сплошная линия - комбинации $\pi^+\pi^-$; пунктирная линия - комбинации $\pi^-\pi^-$.

фоновых комбинаций $\pi^+\pi^-$ такое же, как распределение $\pi^-\pi^-$ -пар, то в оставшемся распределении с большой вероятностью присутствует ρ^0 -мезон.

По критериям /6/-/8/ были отобраны также когерентные пятилучевые взаимодействия. Средняя величина массы пятичастичной когерентной системы оказалась равной $2,05 \pm 0,2$ ГэВ.

Литература

1. А.У.Абдурахимов, Н.А.Ангелов и др. Препринт ОИЯИ, 1-6967, Дубна, 1973.
2. А.Х.Виницкий, А.М.Гершкович и др. Физика высоких энергий и космических лучей. Изд-во "Наука", Алма-Ата, 1974.

3. Г.Янчо, М.Кохли. Препринт ОИЯИ, E1-6994, Дубна, 1973.
4. С.М.Фisher, W.H.Gibson et al. Nuovo Cim., 27, 761 (1963).
5. С.Вемфорад, W.Beusch et al. Nucl. Phys., B33, 397 (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел
22 октября 1975 года.