

A-91

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



1/8-78

P1 : 10600

2933/2-77

Р.Г.Аствацатуров, В.В.Архипов, Л.С.Бойцова,
Ю.В.Заневский, В.И.Иванов, Е.Кнапик, В.А.Крамаренко,
А.И.Малахов, Г.Л.Мелкумов, С.Н.Пляшкевич,
В.Д.Пешехонов, А.Е.Сеннер, В.А.Смирнов,
Б.М.Старченко, М.Н.Хачатурян

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ РЕАКЦИИ $\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 3,3 ГэВ/с

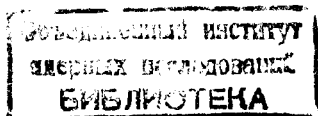
1977

P1 - 10600

Р.Г.Аствацатуров, В.В.Архипов, Л.С.Бойцова,
Ю.В.Заневский, В.И.Иванов, Е.Кнапик, В.А.Крамаренко,
А.И.Малахов, Г.Л.Мелкумов, С.Н.Пляшкевич,
В.Д.Пешехонов, А.Е.Сеннер, В.А.Смирнов,
Б.М.Старченко, М.Н.Хачатурян

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ РЕАКЦИИ $\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 3,3 ГэВ/с

*Направлено в ЯФ и на Международную конференцию по
физике высоких энергий. Будапешт, 1977.*



Аствацатуров Р.Г. и др.

P1 - 10600

Дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$ при импульсе 3,3 ГэВ/с

Представлены результаты экспериментального исследования реакции $\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$, $\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$ на пучке пионов с импульсом 3,3 ГэВ/с. Исследования проведены с помощью 90-канального черенковского масс-спектрометра "Фотон" на протонном синхрофазотроне ОИЯИ на энергию 10 ГэВ. Дается краткое описание экспериментальной установки. Приводятся основные критерии отбора событий. Результатом исследования является измерение дифференциального сечения реакции в области переданных импульсов от t_{\min} до 0,3 (ГэВ/с)². В эксперименте обнаружен заметный минимум в переднем направлении, указывающий на существенную роль амплитуды с изменением спиральности. Экспериментальные данные фиксировались с помощью формулы: $d\sigma/dt = A(1 - g^{-1}ct)e^{ct}$, где g - отношение вкладов амплитуд рассеяния без переворота и с переворотом спина. Для величин A , g и c найдены значения: $A = (139 \pm 22)$ мкб/(ГэВ/с)², $g = (18,6 \pm 4,4)\%$ и $c = (5,86 \pm 0,36)$ (ГэВ/с)⁻².

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Astvatsaturov R.G. et al.

P1 - 10600

The Differential Cross Section of the Reaction $\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$ at a Momentum of 3.3 GeV/c

The differential cross section of the reaction $\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$, $\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$ for 3.3 GeV/c pions has been measured in the region of momentum transfers from t_{\min} to 0.3 (GeV/c)². A marked minimum in the forward direction indicates a dominance of the helicity-flip amplitude. The experimental data were fitted by the formula $d\sigma/dt = A(1 - g^{-1}ct)e^{ct}$, where g is the relative size of the spin-nonflip and spin-flip amplitudes. The following values were found for A , g and c :

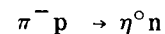
$$A = (139 \pm 22) \mu\text{b} / (\text{GeV}/c)^2,$$

$$g = (18.6 \pm 4.4)\% \text{ and}$$

$$c = (5.86 \pm 0.36) (\text{GeV}/c)^{-2}.$$

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Среди бинарных реакций процесс



/1/

представляет с точки зрения теории Редже особый интерес, т.к. правила отбора допускают в t -канале этой реакции обмен с квантовыми числами только A_2 -мезона.

Ранее реакция /1/ была исследована в работах /1-4/. В настоящей работе сообщаются результаты измерения дифференциального сечения реакции /1/ в области переданных импульсов от t_{\min} до 0,3 /ГэВ/с/² для отрицательных пионов с импульсом 3,3 /ГэВ/с/.

Эксперимент проводился на протонном синхротроне Объединенного института ядерных исследований на энергию 10 ГэВ. В эксперименте η^0 -мезоны регистрировались с помощью 90-канального черенковского масс-спектрометра Лаборатории высоких энергий /установка "Фотон"/ по распадам $\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$. Схема эксперимента приводится на рис. 1. Масс-спектрометр включает пучковые пропорциональные камеры, сцинтилляционные годоскопические счетчики, искровые камеры для измерения направления γ -квантов и 90 черенковских γ -спектрометров из свинцового стекла для измерения энергии распадаемых γ -квантов /5/.

Пучок π^- -мезонов с $\Delta p/p = \pm 1\%$ и длительностью растяжки 400 мс фокусируется на жидководородную мишень длиной 80 см. Частицы пучка регистрируются телескопом сцинтилляционных счетчиков S1-S3. Направление пионов измеряется с помощью шести пропорциональных камер (PWC) с точностью $\pm 0,3$ мрад. Для исключения срабатывания установки от рассеянных частиц

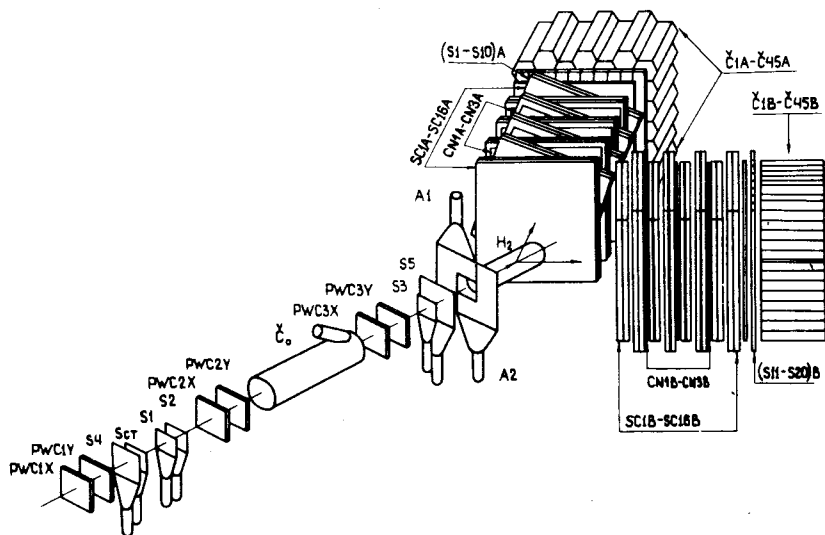


Рис. 1. Схема эксперимента. PWC - пропорциональные камеры, S - сцинтилляционные счетчики, A - сцинтилляционные счетчики антисовпадений, C_0 - газовый черенковский счетчик, H_2 - жидководородная мишень, SCA и SCB - проволочные искровые камеры, SA и SB - годоскопические сцинтилляционные счетчики, CA и CB - годоскопы черенковских γ -спектрометров из свинцового стекла, CN - медные конверторы.

/гало пучка/ используются два сцинтилляционных счетчика, A1 и A2, образующих отверстие размером 5×5 см². Эти счетчики работают в режиме антисовпадений.

Окружение мишени счетчиками антисовпадений в эксперименте отсутствует. Это позволяет исключить потенциальные источники систематических ошибок.

Для определения направления γ -квантов, образующихся в результате распада $\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$, применяются 32 искровые камеры (SC) с магнитоотрицательным съемом информации размерами 90×90 см². Камеры собираются в группы по четыре, из которых две камеры располагаются горизонтально, а две другие - под углом 17° . Камеры разделены на две секции по 16 камер в каждой /SCA и SCB/. Между группами из четырех камер разме-

щены медные конверторы толщиной $0,4$ рад.ед. Суммарная толщина конверторов составляет $1,2$ рад.ед. Эффективность конверсии одного γ -кванта / $1,2$ рад.ед./ равна 56%. Направление конверсионных электронов измеряется группой из четырех камер, расположенной непосредственно после конвертора. Первая /по пучку/ группа камер работает по принципу антисовпадений.

Два идентичных сцинтилляционных годоскопа (SA, SB), каждый из которых состоит из 10 элементов, располагаются между искровыми камерами и черенковскими γ -спектрометрами и позволяют увеличить эффективность триггера.

За годоскопическими счетчиками помещаются черенковские γ -спектрометры из свинцового стекла /CA и CB/. Общее количество спектрометров - 90. Спектрометры работают независимо и группируются по 45 в каждом из двух направлений /A и B/. Радиатор спектрометра имеет гексагональную форму с диаметром вписанной окружности 17,5 см. Длина радиатора 35 см /14 рад.ед./. К радиатору клеится фотоумножитель типа ФЭУ-49Б диаметром 17 см. Контроль усиления спектрометрических трактов осуществляется с помощью световых вспышек в кристалле NaJ от α -частиц радионуклида ²⁴¹Am. Ампулы NaJ + α диаметром 1 см клеятся к торцу каждого радиатора. Световые вспышки NaJ + α автоматически регистрируются между циклами ускорителя. Абсолютная калибровка γ -спектрометров производится на пучке моноэнергетических электронов.

Установка работает на линии с ЭВМ типа "HEWLETT-PACKARD 2116B". Электроника, осуществляющая связь с ЭВМ, представляет собой полную "ветвь", выполненную в стандарте КАМАК. В течение эксперимента ЭВМ осуществляет прием информации с детекторов, контроль и предварительный отбор информации, накопление информации, контроль и управление работой аппаратуры. Запуск установки производится, если имеет место совпадение $S_1 S_2 S_3 \cdot \bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot SA \cdot SB \cdot \bar{CA} \cdot \bar{CB}$, при условии, что энергия частиц в спектрометрах левого (A) и правого (B) направлений /соответственно $E_{\gamma 1}$ и $E_{\gamma 2}$ / и их сумма $(E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2})$ превышают некоторый порог, определяемый кинематикой исследуемого процесса и геометрией эксперимента.

В данном эксперименте были выбраны пороги: $E_{\gamma 1} = E_{\gamma 2} \geq 300 \text{ МэВ}$ и $(E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2}) \geq 2500 \text{ МэВ}$.

Обработка экспериментальных данных, записанных на магнитную ленту, производится на ЭВМ CDC-6500 по программе реконструкции /6/.

При анализе экспериментальной информации $\gamma\gamma$ -события отбирались по следующим критериям:

1. Отсутствию треков в камерах SC_A^{1-4} и SC_B^{1-4} .
2. Наличие трека заряженной частицы /или лавины/ после i -го конвертора в камерах SC_A^{5-16} и SC_B^{5-16} .
3. Наличие сигнала в годоскопических сцинтилляционных счетчиках SA и SB.
4. Наличие сигналов в γ -спектрометрах $\check{C}A$ и $\check{C}B$, удовлетворяющих условиям:

$$a/ 300 \text{ МэВ} \leq E_{\gamma 1}(E_{\gamma 2}) \leq 2800 \text{ МэВ},$$

$$б/ 300 \text{ МэВ} \leq (E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2}) \leq 3500 \text{ МэВ},$$

в/ $E_{\gamma}^M / E_{\gamma}^B > 0,2$, где E_{γ}^M и E_{γ}^B - соответственно меньшая и большая энергии двух γ -квантов.

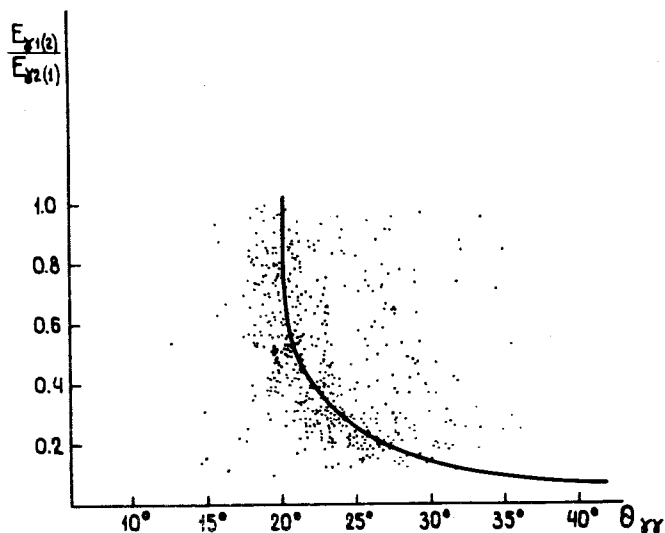


Рис. 2. Кинематический анализ $\gamma\gamma$ -событий после применения критериев отбора: $E_{\gamma 1} = E_{\gamma 2} \geq 300 \text{ МэВ}$ и $(E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2}) \geq 2900 \text{ МэВ}$. Сплошная кривая рассчитана по формуле $M_{\eta \rightarrow \gamma\gamma}^2 = 2E_{\gamma 1} E_{\gamma 2} (1 - \cos\theta)$ для $P_{\pi^-} = 3,3 \text{ ГэВ/с}$.

Кинематический анализ 2γ -событий, отобранных по указанным критериям, представлен на рис. 2.

При окончательном отборе событий реакции /1/ вводились обрезания по а/ углу разлета: $17^\circ \leq \theta_{\gamma\gamma} \leq 26^\circ$, б/ недостающей массе: $600 \text{ МэВ} \leq M_{\pi^-} \leq 1100 \text{ МэВ}$, в/ эффективной массе $\gamma\gamma$ -системы: $440 \text{ МэВ} \leq M_{\gamma\gamma} \leq 640 \text{ МэВ}$.

В результате применения указанных выше критериев было идентифицировано 743 события реакции /1/.

Критерии отбора $\gamma\gamma$ -событий были определены моделированием условий эксперимента с учетом углового и энергетического разрешений аппаратуры /7/.

Экспериментальные распределения энергии отдельных γ -квантов (E_{γ}), их суммы ($E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2}$), углов разлета γ -квантов ($\theta_{\gamma\gamma}$), недостающей массы (M_{π^-}) и эффективной массы ($M_{\gamma\gamma}$) представлены на рис. 3. Вертикальные линии на гистограммах указывают области обрезания.

При оценке величины фона и его влияния на дифференциальное сечение реакции /1/ были рассмотрены следующие процессы:

- $\pi^- p \rightarrow \eta^0 \Delta^0$, /2/
- $\pi^- p \rightarrow \omega^0 n$, /3/
- $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$. /4/

Анализ фоновых процессов показал, что при указанных выше критериях отбора событий и обрезаниях относительные вклады реакций /2/, /3/ и /4/ соответственно равны 12%, 1% и 0,8%.

Потери событий реакции /1/ в результате всех обрезаний равны 28%. Вклад фоновых событий в дифференциальное сечение /1/ определялся моделированием и анализом экспериментальных данных при различных уровнях обрезания и отбора событий.

Результаты анализа показали, что влияние фоновых событий на зависимость сечения от t незначительно и находится в пределах ошибок.

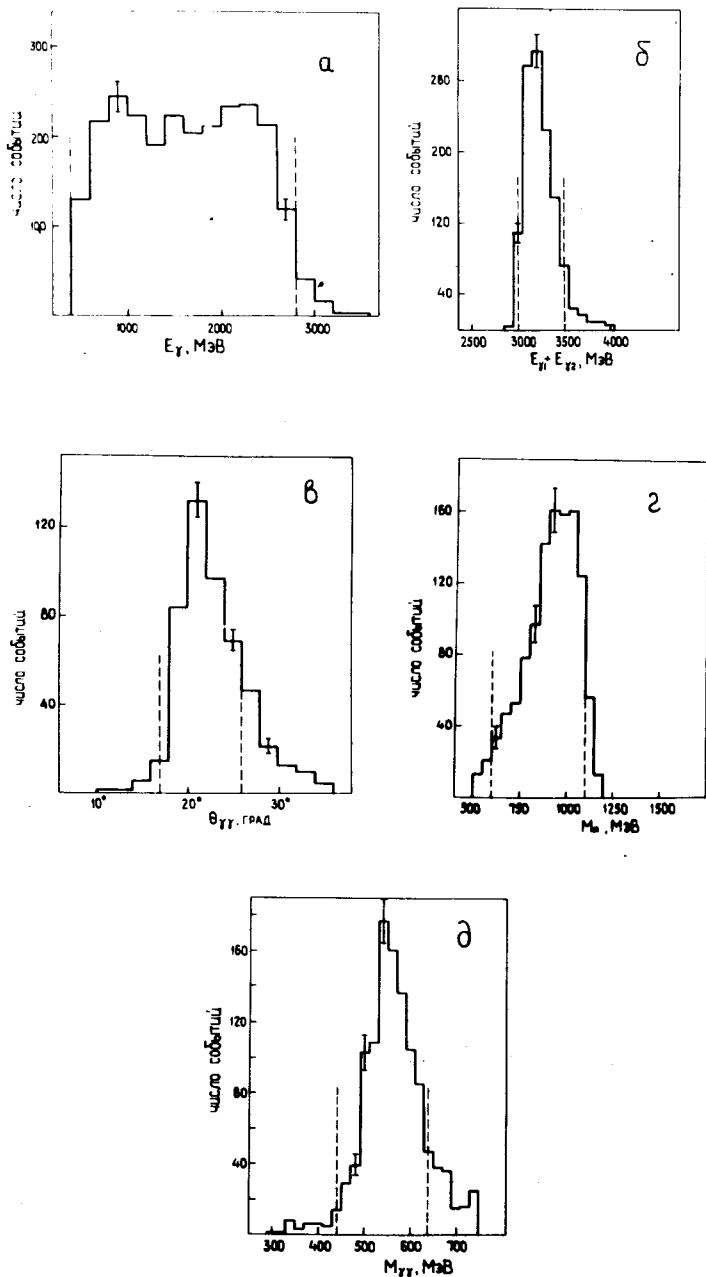


Рис. 3. Экспериментальные распределения $\gamma\gamma$ -событий после применения критериев отбора: $E_{\gamma 1} = E_{\gamma 2} \geq 300 \text{ МэВ}$ и $(E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2}) \geq 2900 \text{ МэВ}$. а/ Распределение энергий отдельных γ -квантов (E_γ), б/ распределение суммы энергий γ -квантов ($E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2}$), в/ распределение углов разлета γ -квантов ($\theta_{\gamma\gamma}$), г/ распределение по недостающей массе нуклона (M_N), д/ распределение по эффективной массе $\gamma\gamma$ -событий ($M_{\gamma\gamma}$). Вертикальные линии на гистограммах указывают области обрезания.

Дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \eta^0 p, \eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$ в зависимости от $-t$ представлено на рис. 4. Выбранные интервалы по $-t$, как правило, меньше разрешающей способности аппаратуры. Указанные на рис. 4 ошибки - статистические. На этом же рисунке приведены данные работы /1/, по которым производилась абсолютная нормировка сечений.

Как видно из рис. 4, в области $-t < 0,1 \text{ ГэВ}/c^2$ величина дифференциального сечения почти в два раза меньше максимального значения при $-t \approx 0,15 \text{ ГэВ}/c^2$.

Экспериментальные данные фитировались с помощью формулы $d\sigma/dt = A(1 - g^{-1}ct)e^{ct}$, где g - отношение вкладов амплитуд рассеяния без переворота и с переворотом спина.

В соответствии с этой параметризацией для величин A , g и c найдены значения: $A = /139 \pm 22/ \text{ мкб}/\text{ГэВ}/c^2$, $g = /18,6 \pm 4,4/\%$ и $c = /5,86 \pm 0,36/\text{ГэВ}/c^{-2}$. Величины g и c согласуются с результатами при $P_{\pi^-} = 6 \text{ ГэВ}/c^{\text{ /8/}}$.

В вычислениях наряду с результатами настоящей работы были использованы данные /1/ при $-t = 0,4$ и $-t = 0,6 \text{ ГэВ}/c^2$.

В заключение пользуемся случаем поблагодарить В.А.Царева за обсуждение результатов работы. Мы благодарим также В.И.Прохорова, И.Ф.Колпакова, Ю.С.Анисимова, С.Н.Черненко, И.А.Тяпкина, В.М.Головатюка, С.Г.Басиладзе, В.А.Смирнова, Е.В.Черных, И.М.Иванченко, А.С.Чвырова, Л.А.Сеннер, Н.Н.Пляшкевича, Ю.В.Куликова, В.В.Бакаева, А.П.Цвинева и Я.Корейво за содействие и помощь в работе.

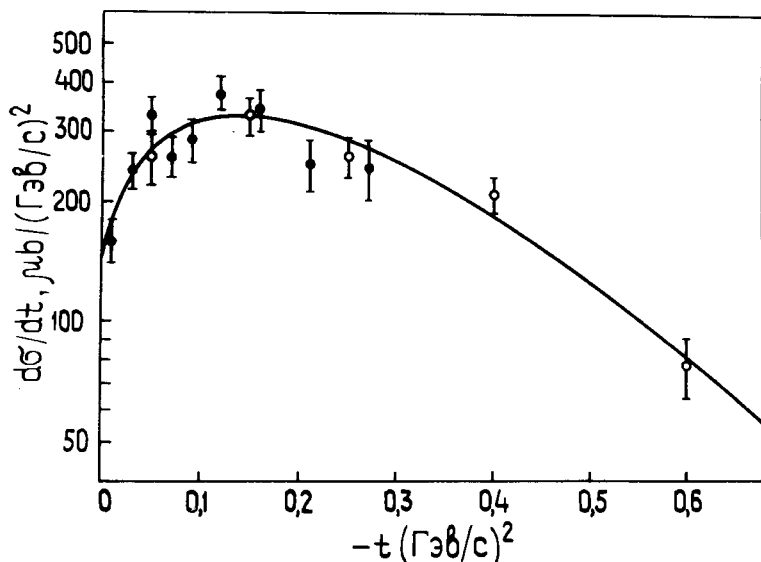


Рис. 4. Дифференциальное сечение реакции $\pi^-p \rightarrow \eta^1\pi$.
 \bullet - данные настоящей работы; \circ - данные работы [1].

Литература

1. Guisan O. et al. *Phys.Lett.*, 1965, 18, 200.
2. Hladky J. et al. *Phys.Lett.*, 1970, 31B, 475.
3. Адамович И.И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН им. Лебедева, 1972, №1, 48.
4. Адамович И.И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН им. Лебедева, 1972, №5.
5. Аствацатуров Р.Г. и др. *Nucleonika*, 1974, 19, NR6, p. 575.
6. Мелкумов Г.Л., Хачатурян М.Н. ОИЯИ, 10-8170, Дубна, 1974.
7. Мелкумов Г.Л., Хачатурян М.Н. ОИЯИ, 10-7960, Дубна, 1974.
8. Shaevitz M.H. et al. *Phys.Lett.*, 1976, 36, 5.

Рукопись поступила в издательский отдел
 18 апреля 1977 года.