

МУЛЬТИПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ДЛЯ ПРОЦЕССА $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$ В ОБЪЕМЕ ПОЛНОГО ОПЫТА

В. Ф. Грушин, Е. М. Лейкин^{*}), А. Я. Ротвайн^{*}),
А. А. Шиканян

УДК 539.122 + 539.126.34

Энергетически независимый мультипольный анализ процесса $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$ проведен с использованием угловых распределений для четырех наблюдаемых $d\sigma$, Σ , P и T при энергиях фотонов 300, 340, 380 и 420 МэВ. Впервые получены оценки действительных и мнимых частей всех s - и p -волновых амплитуд процесса.

В работах /1,2/ было показано, что для устранения теоретических неоднозначностей мультипольного анализа процесса $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$ при $E_\gamma \leq 450$ МэВ необходимы и достаточны экспериментальные данные по дифференциальному сечению ($d\sigma$) и трем поляризационным наблюдаемым: асимметрии сечения на поляризованных фотонах (Σ), поляризации нейтрона отдачи (P) и асимметрии сечения на поляризованных протонах (T).

Недавно на линейном ускорителе электронов ХФТИ были проведены систематические измерения этих поляризационных наблюдаемых в районе первого резонанса /3/. Измерения проводились в условиях дважды поляризационного эксперимента типа ВТ (поляризованный пучок фотонов и поляризованная протонная мишень).

На основе результатов работы /3/, а также литературных данных по угловым распределениям $d\sigma$ и Σ /4/, которые в совокупности составляют объем полного опыта для процесса $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$, нами проведен энергетически независимый мультипольный анализ при энергиях фотонов 300, 340, 380 и 420 МэВ. Процедура анализа, описан-

^{*}) Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.

ная ранее в /5/, содержит два этапа:

1) определение параметров аппроксимации угловых распределений наблюдаемых и 2) получение МНК-оценок действительных и мнимых частей канальных амплитуд.

Угловые распределения наблюдаемых при фиксированном значении E_γ аппроксимировались формами, основанными на феноменологическом рассмотрении процесса фоторождения пионов в s - и p -волновом приближении:

$$(k/q)d\sigma(x) = (k/q)d\sigma^{B,e}(x) + b_0 + b_1x + b_2x^2 + (1-x^2) \frac{c_1}{1-\beta x} \quad (1)$$

$$- (k/q)\Sigma(x)d\sigma(x) = (k/q)d\sigma^{B,e}(x) + (1-x^2) \left(b_3 + \frac{c_1}{1-\beta x} \right) \quad (2)$$

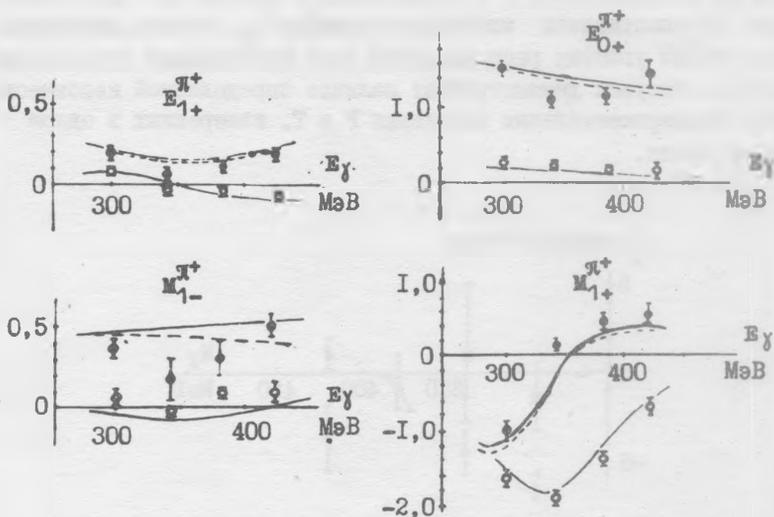
$$(k/q)P(x)d\sigma(x) = (1-x^2)^{1/2} \left(b_4 + b_5x + \frac{c_2}{1-\beta x} \right) \quad (3)$$

$$(k/q)T(x)d\sigma(x) = (1-x^2)^{1/2} \left(b_6 + b_7x - \frac{c_2}{1-\beta x} \right), \quad (4)$$

где k , q , и β — импульсы фотона, пиона и скорость пиона, $x = \cos\theta$, θ — угол вылета пиона (все величины в системе ЦМ).

Параметры $b_0 - b_7$, c_1 , c_2 представляют собой правые части системы десяти независимых уравнений относительно восьми искомых величин: $\text{Re}E_{0+}^{\pi^+}$, $\text{Re}E_{1-}^{\pi^+}$, $\text{Re}E_{1+}^{\pi^+}$, $\text{Re}E_{1+}^{\pi^0}$, $\text{Im}E_{0+}^{\pi^+}$, $\text{Im}E_{1-}^{\pi^+}$, $\text{Im}E_{1+}^{\pi^+}$, $\text{Im}E_{1+}^{\pi^0}$. Для решения системы использовался итерационный метод минимизации функционала с учетом ковариационной матрицы параметров. Начальные значения разыгрывались методом Монте-Карло (примерно 100 испытаний) в некоторой окрестности значений, предсказываемых теоретическими расчетами на основе дисперсионных соотношений /6/.

При каждой из четырех энергий E_γ было найдено не менее шести различных решений, отвечающих разным значениям остаточной суммы функционала. Отметим, что отсутствие единственного решения обусловлено несовместностью системы уравнений, правые части которых получены из экспериментальных данных (см. /7/). Из полученных решений удалось отобрать единственное, которое является аналогом точного решения совместной системы с правыми частями, соответствующими теоретическим значениям /6/. Это решение приведено на рис. 1. Его можно рассматривать как экспериментальное уточнение соответствующих теоретических величин.

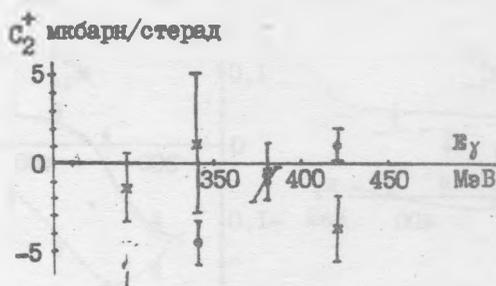


Р и с. 1. Результаты мультипольного анализа процесса $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$. Амплитуды в единицах $10^{-2}/m_\pi$. Черные кружки - действительные части амплитуд, светлые кружки - мнимые части амплитуд. Сплошные кривые - предсказания работы /6/, пунктирные кривые - предсказания работы /8/

В настоящей работе впервые получены оценки мнимых частей всех четырех канальных амплитуд, включая и малые величины $\text{Im}E_{1+}^{\pi^+}$ и $\text{Im}M_{1-}^{\pi^+}$. Приведенные результаты демонстрируют достаточно хорошее согласие с теорией /6,8/; в частности, энергетическое поведение $\text{Im}E_{1+}^{\pi^+}$ подтверждает наличие двойного нуля у резонансной амплитуды $E_{1+}^{3/2}$. В то же время обращает на себя внимание различие в знаке между экспериментальной величиной $\text{Im}M_{1-}^{\pi^+}$ и ее теоретическим значением. Возможно, что это указывает на необходимость дальнейшего уточнения теоретических расчетов.

В заключение остановимся на вопросе о совместности используемых в анализе экспериментальных данных. Ранее мы уже отмечали /9/ некоторую несовместность данных по наблюдаемым db и Σ . Аналогично можно проверить на совместность и экспериментальные

данные по наблюдаемым P и T , полученным в работе /3/. Для этого на рис. 2 сопоставлены значения параметра c_2 , общего параметра аппроксимации угловых распределений этих наблюдаемых выражениями (3) и (4). Рисунок демонстрирует наличие определенной несовместности в экспериментальных значениях P и T , измеренных в одном и том же опыте.



Р и с. 2. Значения параметра c_2 , полученные в результате аппроксимации угловых распределений наблюдаемых P (крестики) и T (точки)

Настоящая работа показывает, что анализ имеющихся экспериментальных данных для процесса $p \rightarrow \pi^+ n$ даже в объеме полного опыта не гарантирует получения однозначного решения. Это, в свою очередь, означает необходимость существенного снижения систематических погрешностей экспериментальных данных.

Поступила в редакцию
25 марта 1980 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. Ф. Грушин, Е. М. Лейкин, А. Я. Ротвайн, Краткие сообщения по физике ФИАН № 4, 26 (1979).
2. В. Ф. Грушин и др. Вопрос атомной науки и техники (серия: общая и ядерная физика) 4 (10), 12 (1979).

3. V. A. Get'man et al., Paper to 1979 International Conference on Electromagnetic and Lepton Interaction, Batavia, USA.
4. D. Menze, W. Pfeil, R. Wilcke, Physik Daten (compilation of pion photoproduction data) 7-1, Bonn (1977).
5. Yu. M. Aleksandrov et al., Nucl. Phys., B105, 355 (1976).
6. D. Schwela, R. Weizel, Z. Phys., 221, 71 (1969).
7. В. Ф. Грушин, Е. М. Лейкин, А. Я. Ротвайн, Вопросы атомной науки и техники (серия: общая и ядерная физика) I(I), 42 (1978).
8. А. И. Лебедев, Б. В. Мангазеев, Препринт ФИАН № 145 (1979).
А. И. Лебедев, Б. В. Мангазеев, Л. В. Фильков, Краткие сообщения по физике ФИАН № 2, 28 (1979).
9. Д. М. Александров и др., Краткие сообщения по физике ФИАН № 8,9 (1975).