

Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 11, стр. 762 – 765

5 декабря 1974 г.

### $\pi^0$ -МЕЗОННЫЙ ПОЛЮС

## В ур-РАССЕЯНИИ И ПОЛЯРИЗУЕМОСТЬ ПРОТОНА

П. С. Баранов, Л. В. Фильков, Л. Н. Штарков

Показано, что учет  $\pi^0$ -мезонного полюса является существенным при определении из эксперимента по ур-рассечению поляризуемости протона. Из эксперимента по ур-рассечению в области  $80 - 110 \text{ Мэв}$  следует знак амплитуды распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ :  $g_{\pi NN} F_\pi < 0$ .

В работе [1] для определения коэффициентов обобщенной электрической ( $\bar{\alpha}$ ) и магнитной ( $\bar{\beta}$ ) поляризуемости протона из экспериментальных данных по ур-рассечению [1] в области энергий  $80 + 110 \text{ Мэв}$  использовалось теоретическое выражение для дифференциального сечения, полученное из общих требований в виде ряда по энергии налетающего фотона  $\nu$  (в л.с.к.) с учетом членов до  $\nu^3$  включительно [2]

$$\left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_0 = \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_P - \frac{e^2}{4\pi m} \nu^2 [\bar{\alpha}(1+z^2) + 2\bar{\beta}z] \left( 1 - 3\frac{\nu}{m}(1-z) \right) + O(\nu^4), \quad (1)$$

где  $z = \cos \theta$ ,  $\left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_P$  – поперечное сечение рассеяния фотонов на бесструктурной частице со спином  $1/2$  [3]. При этом предполагалось, что вклад отброшенных членов  $O(\nu^4)$  в исследуемой области энергий  $\sim 2\%$ .

Из анализа ур-рассечения с помощью дисперсионных соотношений (ДС) [4] следует, что вклад  $\pi^0$ -мезонного полюса, (который входит в дифференциальное сечение, начиная с  $\nu^4$ ) в рассматриваемой области  $\nu$  не мал и для  $\nu \sim 100 \text{ Мэв}$  и  $\theta = 150^\circ$  составляет  $\sim 10\%$ . Поэтому учет  $\pi^0$ -мезонного полюса может оказаться существенным [5] при извлечении из эксперимента  $\bar{\alpha}$  и  $\bar{\beta}$ . Кроме того, это открывает возможность для определения знака амплитуды распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  из сравнения теории с экспериментом по ур-рассечению в области малых энергий.

В настоящей работе основываясь на выражении (1) для дифференциального сечения ур-рассечения с учетом  $\pi^0$ -мезонного полюса, про-

водится анализ экспериментальных данных [1] с целью определения коэффициентов обобщенной поляризуемости протона  $\bar{\alpha}$  и  $\bar{\beta}$  и нахождения относительного знака амплитуды распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ .

Легко показать, что радиус сходимости разложения  $\pi^0$ -мезонного полюса по  $\nu$  равен для угла рассеяния  $90^\circ - \mu/\sqrt{2}$ , а для угла  $180^\circ - \mu/2$ . Таким образом в исследуемой области энергий этот полюс необходимо учитывать целиком, не раскладывая по  $\nu$ .

Дифференциальное сечение  $\gamma p$ -рассеяния с учетом  $\pi^0$ -мезонного полюса имеет вид

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left( \frac{d\sigma}{d\Omega}_0 \right) + \frac{2}{m^2} \left( \frac{\nu}{\mu} \right)^2 \frac{1-z}{\left[ 1 + \frac{\nu}{m} (1-z) \right]^3} B_\pi (B_\pi + A) + O(\nu^4), \quad (2)$$

где

$$B_\pi = \frac{\mu}{2\pi} g_{\pi NN} F_\pi \frac{t}{\mu^2 - t}, \quad t = -2\nu^2(1-z) \left[ 1 + \frac{\nu}{m} (1-z) \right]^{-1},$$

$$A = \left( \frac{e^2}{4\pi} \right) \frac{\mu}{2m} \left\{ (1+\lambda)^2 - 1 + (1+\lambda)(1-z)(1+2\frac{\nu}{m}) \left[ 1 + \frac{\nu}{m} (1-z) \right]^{-1} \right\}.$$

В этих выражениях  $\mu$  и  $m$  — массы  $\pi^0$ -мезона и протона,  $\lambda$  — аномальный магнитный момент протона,  $g_{\pi NN}$  — константа взаимодействия

$\pi^0$ -мезона с протоном,  $F_\pi = \left( \frac{64\pi^2 \Gamma_{\pi^0 \rightarrow 2\gamma}}{\mu^3} \right)^{1/2}$  — амплитуда распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ , а  $\left( \frac{d\sigma}{d\Omega}_0 \right)$  определено выше в (1).

В выражении (2) интерференция  $\pi^0$ -мезонного полюса учтена только с борновским членом. Дисперсионный интеграл по  $s$ -каналу из амплитуды, в которую входит  $\pi^0$ -мезонный полюс дает вклад в сечение начиная с  $\nu^4$ . Этот вклад можно вычислить с помощью ДС [4]. Для энергии  $\nu = 100 \text{ MeV}$  он составляет  $\sim 50\%$  от вклада  $\pi^0$ -мезонного полюса (с тем же знаком, что и  $A$ ). В дальнейшем будем предполагать, что вклады остальных отброшенных членов не превышают рассмотренный и вносимая отброщенными членами ошибка в формуле (2) в рассматриваемой области энергий равна  $\pm 50\%$  от вклада  $\pi^0$ -мезонного полюса. Для более точного вычисления неопределенности, вносимой в  $\bar{\alpha}$  и  $\bar{\beta}$  отброщенными членами, надо было бы сосчитать с помощью ДС выражения (2) и точное значение  $d\sigma/d\Omega$  и найти их разность.

Будем использовать формулу (2) для анализа экспериментальных данных [1] отдельно для  $\theta = 90^\circ$  и  $\theta = 150^\circ$ . Из анализа для  $\theta = 90^\circ$  мы находим  $\bar{\alpha}$ , а анализ для  $\theta = 150^\circ$  позволяет непосредственно определить разность  $\bar{\alpha} - \bar{\beta}$ . Полученные результаты представлены в таблице

для разных вариантов учета  $\pi^0$ -мезонного полюса. При этом ширина распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  взята из [5], равной  $\Gamma_{\pi^0 \rightarrow 2\gamma} = 7,7 \pm 0,9$  эВ

	$g_{\pi NN} F_\pi < 0$	$g_{\pi NN} F_\pi = 0$	$g_{\pi NN} F_\pi > 0$	$\Delta$
$\bar{\alpha} \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$	13,9	10,7	8,0	$\pm 2,1$
$P_{90^\circ}$	9%	25%	50%	—
$(\bar{\alpha} - \bar{\beta}) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$	19,9	11,4	4,4	$\pm 4,4$
$P_{150^\circ}$	12%	1,3%	0,7%	—

В таблице приведены вероятности  $P(X^2)$  для трех различных вариантов рассмотрения  $\pi^0$ -мезонного полюса. В последнем столбце таблицы даны суммарные экспериментальные и (предполагаемые) теоретические ошибки в  $\bar{\alpha}$  и  $\bar{\alpha} - \bar{\beta}$ .

Из таблицы видно, что особенно чувствительной к учету вклада  $\pi^0$ -мезонного полюса является разность поляризумостей  $\bar{\alpha} - \bar{\beta}$ .

Кроме того, из таблицы следует, что анализ данных для угла  $90^\circ$  не дает возможности выбрать какой либо из знаков  $F_\pi$ . Это связано с тем обстоятельством, что вклад  $\pi^0$ -мезонного полюса для  $\theta = 90^\circ$  в исследуемой области энергий не велик. С другой стороны, при анализе экспериментальных данных под углом  $\theta = 150^\circ$  уверенно (вероятности  $P(X^2)$  для конкурирующих гипотез равны 1,3 и 0,7%) выделяется знак  $g_{\pi NN} F_\pi < 0$ . Полученный знак  $F_\pi$  совпадает со знаком, найденным в [7, 4] из анализа ур-рассечения с помощью ДС, и со знаком, получаемым в теории возмущений при рассмотрении распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  через нуклон-антинуклонную пару [8].

Таким образом, исследование ур-рассечения в области малых энергий с помощью выражения (2) позволяет, вообще говоря, при достаточно надежной оценке отброшенных в (2) членов модельно-независимым способом определить знак амплитуды распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ .

Полученное значение  $\bar{\alpha} - \bar{\beta} = (19,9 \pm 4,4) \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$  согласуется с предсказанием правил сумм [5] ( $\bar{\alpha} - \bar{\beta} = 19,2 \cdot 10^{-43} \text{ см}^3$ ) и указывает на то, что в ур-рассечении недостаточно учитывать вклад  $t$ -канала только с помощью диаграмм четвертого порядка теории возмущений, а учет других состояний в рамках бутстрраповской модели с применением пад-приближений для суммирования парциальных волн [5] является, по-видимому, оправданным.

Физический институт  
им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
31 октября 1974 г.

### Литература

- [1] П.С.Баранов, Г.М.Буйнов, В.Г.Годин, В.А.Кузнецова, В.А.Петрунин, Л.С.Татаринская, Письма в ЖЭТФ, 19, 777, 1974; В.С.Ширчен-

ко, Л.Н.Штарков, В.В.Юрченко, Ю.П.Янулис. Phys. Lett., (to be published).

- [2] В.А.Петрунькин. ЖЭТФ, 40, 1148, 1961; Труды ФИАН, 41, 165, 1968;  
V. Barashenkov, H. Kaiser, A. Ogreba. Phys. Lett., 2, 33, 1962.
  - [3] J. Powell. Phys. Rev., 75, 32, 1949.
  - [4] P. S. Baranov, L. V. Fil'kov, G. A. Sokol. Fortschr. der Phys., 16, 595, 1968.
  - [5] Д.М.Ахмедов, Л.В.Фильков. Краткие сообщения по физике ФИАН СССР, 1974.
  - [6] A. Barbaro-Galtieri et al. Phys. Lett., 50B, №1, 1974.
  - [7] П.С.Баранов, В.А.Кузнецова, Л.И.Словохотов, Г.А.Сокол, Л.В.Фильков, Л.Н.Штарков. ЯФ, 5, 1221, 1967.
  - [8] M.L.Goldberger, S.B.Treiman. Nuovo Cim., 9, 451, 1958; Л.И.Лапидус, Чжоу Гуан-чжАО. ЖЭТФ, 41, 294, 1961.
-