

ЭЛЕКТРООБРАЗОВАНИЕ ПИОНОВ У ПОРОГА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА ПИОНА И АНАЛИЗ АКСИАЛЬНО-ВЕКТОРНОГО ФОРМФАКТОРА НУКЛОНА

А.С.Есаулов, Ю.И.Титов

Анализируются формфактор пиона и аксиально-векторный формфактор нуклона, определенные из сечения электрообразования пионов на протоне у порога с разделением поперечной и продольной составляющих. В результате подгонки получен радиус пиона $\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2} = 0,48 \pm 0,10 \text{ ф}$ и значение аксиальной массы $M_A = 0,97 \pm 0,06 \text{ Гэв}$ (дипольная подгонка).

Исследование электрообразования пионов на протоне у порога с разделением поперечной и продольной компонент сечения позволяет определить не только аксиально-векторный формфактор нуклона F_A (с меньшей, чем в других опытах модельной неопределенностью), но и формфактор π -мезона F_π [1]. Такие измерения проведены нами на харьковском линейном ускорителе электронов при переданных 4-импульсах $k^2 = 0,136, 0,195$ и $0,311 \text{ Гэв}^2$ [2, 3]. С помощью модели [1] получены F_A и F_π из поперечного E_+ и продольного S_+ мультиполей s -волны в пороге [2, 3].

В настоящей работе проводится аппроксимация k^2 – зависимостей формфакторов F_A и F_π . Подгонка выполнена с целью определения средне-квадратичного радиуса π -мезона $\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2}$ из $F_\pi(k^2)$ и аксиальной массы M_A из $F_A(k^2)$. Полученные результаты сравниваются с прямыми измерениями M_A в опытах по рассеянию нейтрино и $\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2}$ в опытах по рассеянию π -мезонов на электронах, а также с данными другого типа экспериментов по электророждению пионов.

Зависимость $F_A(k^2)$ аппроксимировалась дипольным соотношением $F_A = (1 + k^2/M_A^2)^{-2}$. Предпочтительность дипольной подгонки по сравнению с монополярной была показана в работе [4], где измерения проведены до значений $k^2 = 0,88 \text{ Гэв}^2$. Оптимальная величина M_A для наших данных составляет $0,97 \pm 0,06 \text{ Гэв}$ и в пределах ошибок совпадает с результатами анализа [4] совпаденческих опытов [4 – 7]: $M_A = 0,96 \pm 0,03 \text{ Гэв}$. В прямом эксперименте по рассеянию нейтрино достигнуто заметное увеличение точности и получено значение $M_A = 0,84 \pm 0,11 \text{ Гэв}$ (из дифференциального сечения) и $M_A = 0,98 \pm 0,13 \text{ Гэв}$ (из полного сечения) [8]. Согласие различного типа опытов очень хорошее, что дает веское обоснование применимости методов алгебры токов и гипотезы частичного сохранения аксиально-векторного тока к описанию электро-рождения у порога.

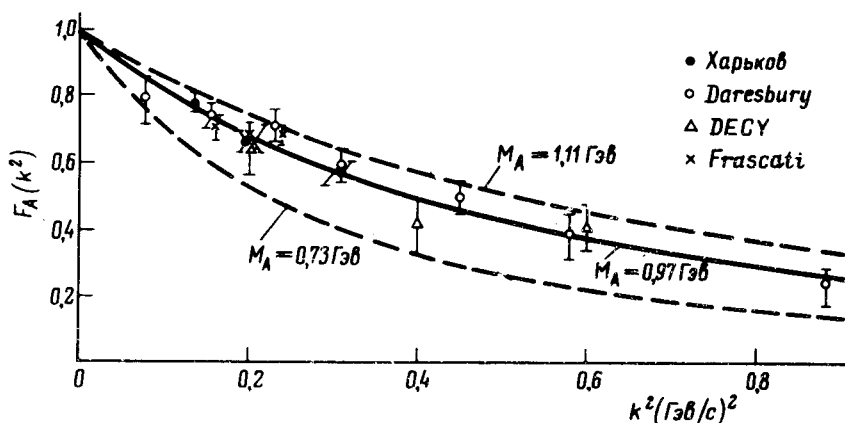


Рис. 1. Аксиально-векторный формфактор нуклона $F_A(k^2)$ из экспериментов по электророждению пионов у порога

Результаты определения F_A , полученные нами [2, 3] и в ряде других лабораторий [4 – 7], приведены на рис. 1. Сплошная кривая соответствует наилучшей подгонке к харьковским данным. Пунктирными кривыми показан коридор величин F_A из нейтринного эксперимента [8]. Рис. 1 наглядно демонстрирует благоприятную ситуацию в экспериментальном определении аксиально-векторного формфактора нуклона.

На рис. 2 показаны значения F_π во времениподобной [9] и пространственноподобной [3, 10 – 12] областях переданного 4-импульса k^2 и указан тип эксперимента. При определении радиуса пиона из наших данных необходимо было учесть, что k^2 сравнительно велико и поведение формфактора пиона отличается от линейной зависимости $F_\pi = 1 - \frac{1}{6} k^2 < r_\pi^2 >$. В связи с этим, кроме линейной, проведены моно-

польная $F_\pi = (1 + k^2/M_x^2)^{-1}$ и дипольная $F_\pi = (1 + k^2/M_x^2)^{-2}$ подгонки с варьируемым параметром M_x . Результаты аппроксимации и следующие из них радиусы пиона приведены в табл. I

В работе [3] формфакторы $F_\pi(k^2)$ получены в предположении $G_{en} = 0$. Для выяснения степени чувствительности результата определения $\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2}$ к зарядовому формфактору нейтрона, мы получили $F_\pi(k^2)$ при $G_{en} = \frac{-\tau}{1 + 5,6\tau} G_{mn} > 0$. Такое поведение $G_{en}(k^2)$ следует из опытов по ed -рассеянию [13]. Из табл. 1 видно, что эти значения зарядового формфактора нейтрона приводят к несколько меньшим радиусам пиона.

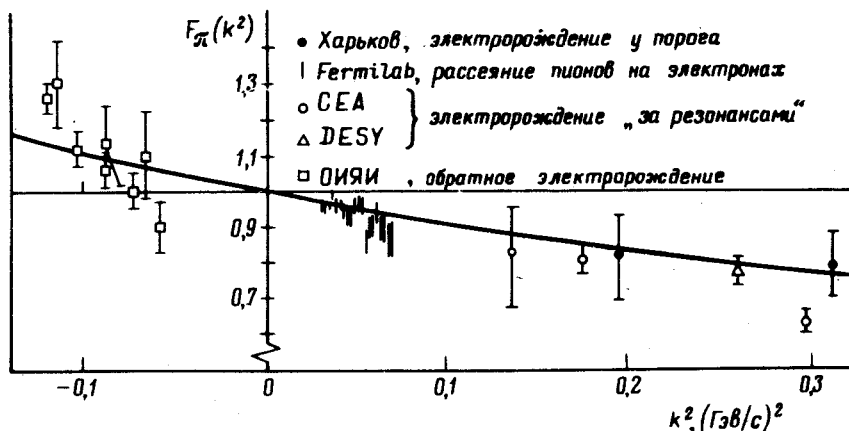


Рис. 2. Формфактор π -мезона $F_\pi(k^2)$ во времениподобной и пространственноподобной областях переданного 4-импульса

К сожалению, анализ [13] находится в сильной зависимости от выбора волновой функции дейтрона и не дает однозначных выводов для G_{en} . Эта неопределенность вносит дополнительную погрешность в радиус пиона, составляющую $\sim 0,08 \phi$.

Т а б л и ц а 1

Вид параметризации	$G_{en} = 0$		$G_{en} = \frac{-\tau}{1 + 5,6\tau} G_{mn} > 0$	
	$M_x, \Gamma эв$	$\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2}, \phi$	$M_x, \Gamma эв$	$\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2}, \phi$
Дипольная	$1,49 \pm 0,30$	$0,46 \pm 0,09$	$1,76 \pm 0,44$	$0,39 \pm 0,09$
Монопольная	$1,01 \pm 0,21$	$0,48 \pm 0,10$	$1,21 \pm 0,32$	$0,40 \pm 0,10$
Линейная	—	$0,42 \pm 0,07$	—	—

Примечание: $\tau = k^2/4M^2$, где M — масса нуклона. Использована метрика, в которой $k^2 > 0$.

Дипольная и монопольная параметризации дают практически одинаковые значения $\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2}$, а отличие от линейной зависимости не превышает экспериментальной ошибки (см. табл. 1). Основным результа-

том определения радиуса пиона мы считаем вариант, в котором использовалась монополярная формула (как и в случае ρ -доминантности) и $G_{en} = 0$. Ему соответствует сплошная кривая на рис. 2.

В табл. 2 сравниваются результаты различных методов определения радиуса пиона.

Т а б л и ц а 2

Метод измерений	$\langle r_{\pi}^2 \rangle^{1/2}, \text{ф}$	Примечания
Электророждение пионов у порога	$0,48 \pm 0,10$	Настоящая работа
Прямой метод ($\pi^- e^- \rightarrow \pi^- e^-$)	$0,57 \pm 0,06$	Fermilab [10]
	$0,78 \pm 0,10$	Серпухов [14]
Электророждение в первом резонансе	$0,86 \pm 0,14$	СЕА [15]
Электророждение при энергии выше резонансов	$0,704 \pm 0,007$	СЕА [11]
Обратное электророждение	$0,75 \pm 0,09$	ОИЯИ [9]
Предсказание ρ -доминантности	0,632	—

Наш результат в пределах ошибок согласуется с данными последнего эксперимента [10] по прямому определению радиуса пиона из рассеяния π^- -мезонов с энергией 100 Гэв на электронах.

Авторы благодарны П.В.Сорокину за внимание к работе и полезную дискуссию.

Физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
27 сентября 1976 г.

Литература

- [1] G.Benfatto, F.Nicolo, G.C.Rossi. Nuovo Cim., 14A, 425, 1973.
- [2] Н.Г.Афанасьев, А.С.Есаулов, А.М.Пилипенко, Ю.И.Титов. Письма в ЖЭТФ, 22, 400, 1975.
- [3] A.Del Guerra, A.Giazotto et al. Nucl. Phys., B107, 65, 1976.
- [4] A.Del Guerra, A.Giazotto et al. Nucl Phys., B99, 253, 1975.
- [5] P.Brauel, F.W.Büsser et al. Phys. Lett., 45B, 389, 1973.
- [6] E.Amaldi, M.Benevantino et al. Phys. Lett., 41B, 216, 1972.
- [7] D.H.Perkins. Invited talk, 7-th Int Symp. on Lepton and Photon Interactions, Stanford, 1975.
- [8] D.Stork. Invited talk, XVIII-th Int. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, July 1976.
- [9] C.J.Bebek, C.N.Brown et al. Phys. Rev., D13, 25, 1976.
- [10] C.Driver, K.Heinloth et al. Phys. Lett., 35B, 77, 1971.
- [11] S.Galster, H.Klein et al. Nucl. Phys., B32, 221, 1971.

[12] G.T.Adylov, F.K.Aliev et al. Phys. Lett., 51B, 402, 1974.

[13] C.Mistretta, J.A.Appel et al. Phys. Rev., 184, 1487, 1969.
