

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ПАРАМЕТРА $M_{s'okn}$ В pp -РАССЕЯНИИ ПРИ 950 МэВ

Н.А.Бажанов, В.Г.Вовченко, В.А.Ефимовых, А.А.Жданов,
Ю.М.Казаринов, Ю.Ф.Киселев, А.И.Ковалев, В.В.Поляков,
В.Е.Попов, А.Н.Прокофьев, В.Ю.Траутман, О.Я.Федоров,
А.В.Шведчиков, А.Н.Черников

Измерения поляризации протонов после упругого рассеяния продольно-поляризованного протонного пучка на поляризованной протонной мишени позволили определить под углами 70, 90 и 110° ЦМ параметр $M_{s'okn}$ и параметры Вольфенштейна A и K_{noop} .

За последние годы в области энергии 1 ГэВ измерены многие параметры pp -рассеяния: полные сечения σ_{tot} , σ_{tot}^{in} , $\Delta\sigma_L$, $\Delta\sigma_T$, дифференциальное сечение упругого рассеяния $d\sigma/d\Omega$, поляризационные параметры упругого рассеяния: поляризация P , параметры Вольфенштейна D, A, R и корреляции поляризации $A_{oonn}, A_{ookk}, A_{oosk}$. Однако этот экспериментальный материал не исключил многозначности восстановления амплитуды упругого pp -рассеяния при энергии 1 ГэВ, поскольку результаты фазовых анализов (ФА) разных авторов ¹⁻⁵ заметно расходятся. Исследование вопроса о числе решений ФА, выполненное в работе ⁶, привело к выводу о существовании, в рамках предположений ФА, только двух решений, равновероятных по статистическим критериям и дающих малые различия в наблюдаемых, зависящих от компонентов поляризационных тензоров первого и второго рангов (например, $P_{oono}, D_{iojo}, A_{ooij}$). В то же время эти решения предсказывали существенное различие угловой зависимости компонент тензоров третьего ранга.

С целью дискриминации одного из решений были выполнены измерения параметра $M_{s'okn}$ при энергии протонов 950 МэВ под углами $\theta = 70, 90$ и 110° ЦМ. Параметры $M_{s'okn}$ и $M_{k'okn}$ характеризуют изменение продольной компоненты поляризации при рассеянии на протонах, поляризованных нормально к плоскости рассеяния. При рассеянии продольно-поляризованных протонов с поляризацией P_B на вертикально-поляризованных протонах с поляризацией P_T конечная поляризация $\langle \vec{\sigma} \rangle$ имеет вид:

$$\langle \vec{\sigma} \rangle = \{ (P + K_{noop} P_T) \mathbf{n} + (D_{s'oko} + M_{s'okn} P_T) P_B \mathbf{s}' + \\ + (D_{k'oko} + M_{k'okn} P_T) P_B \mathbf{k}' \} / (1 + P P_T), \quad (1)$$

где $\mathbf{n}, \mathbf{s}', \mathbf{k}'$ — ортонормированный базис рассеяния в лабораторной системе координат (ЛС): $\mathbf{n} = [\mathbf{k} \times \mathbf{k}']$, $\mathbf{s}' = [\mathbf{n} \times \mathbf{k}']$, \mathbf{k}, \mathbf{k}' — единичные векторы импульсов падающего и рассеянного протонов; $P = \mathbf{n}P$ — поляризация при рассеянии неполяризованных протонов: $K_{noop} = K_{nn}$, $D_{s'oko} = A$, $D_{k'oko} = A'$ — параметры Вольфенштейна, $M_{s'okn}, M_{k'okn}$ — компоненты тензора третьего ранга.

Измерения выполнены на продольно-поляризованном протонном пучке синхротрона ЛИЯФ ⁷ с энергией 950 МэВ. Продольно-поляризованные протоны получались в результате рассеяния в вертикальной плоскости выведенных из ускорителя протонов с последующим поворотом рассеянных протонов на суммарный угол $24,6^\circ$. В результате прецессии спины протонов, первоначально направленные перпендикулярно к импульсу, в месте расположения мишени оказывались направленными по импульсу. Поляризация пучка равнялась $P_B = 0,30 \pm 0,01$ и была направлена параллельно либо антипараллельно импульсу падающих протонов. Интенсивность пучка на площади мишени была $5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$.

В качестве мишени использовалась поляризованная протонная мишень "замороженного" типа (ЗПМ) ⁸, рабочим веществом которой являлся пропандиол (C₃H₈O₂). Вес облучаемого образца около 10 г. Чтобы уменьшить прецессию спинов рассеянных протонов, поле поляризованной мишени снижалось до 1,2 Т. Максимальная поляризация была $P_T = 0,84 \pm 0,02$; время релаксации поляризации — около 700 часов. Поляризация измерялась в начале и в конце цикла измерений с определенным направлением P_T , длительность которого не превышала 40 часов.

Упругое pp -рассеяние выделялось совпадением сигналов от двух сцинтилляционных телескопов, регистрирующих рассеянную частицу и частицу отдачи. Поляризация рассеянных протонов анализировалась поляриметрами, состоящими из пропорциональных камер и углеродной мишени-анализатора (МА) и установленными вдоль осей телескопов. Азимутальное распределение протонов, рассеянных на МА поляриметра, характеризуется асимметриями ϵ (лево-право) и δ (вверх-вниз):

$$N(\varphi) = N_0(1 + \epsilon \cos \varphi + \delta \sin \varphi), \quad (2)$$

где φ — угол между плоскостями pp - и pC -рассеяний. Асимметрии ϵ и δ зависят от параметров pp -рассеяния:

$$\epsilon = \frac{P(1 + \alpha) + K_{nn} P_T}{1 + PP_T + \alpha} A_{pC}, \quad (3)$$

$$\delta = \frac{A(1 + \alpha) + M_{s'okn} P_T}{1 + PP_T + \alpha} P_B A_{pC}, \quad (4)$$

где A_{pC} — анализирующая способность углерода, α — отношение вкладов протонов, испытавших рассеяние на безводородной части ЗПМ, и протонов, рассеянных на протонах ЗПМ.

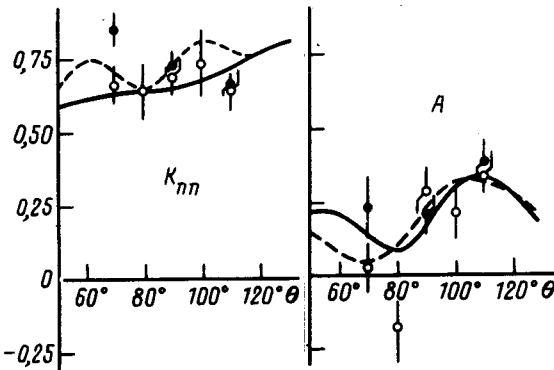


Рис. 1

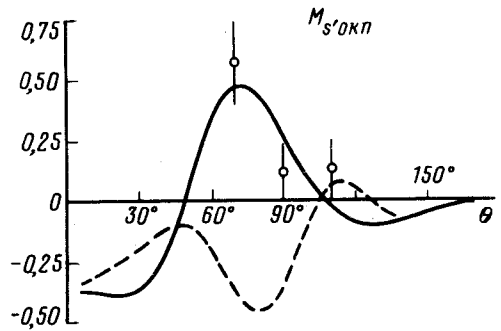


Рис. 2

Рис. 1. Значения параметров $K_{nn} = K_{noop}$ и A : ● — настоящая работа; ○ — результаты работ ^{1, 9}. Сплошная кривая — решение 1 ФА ¹, пунктирная кривая — решение 2 ФА ¹

Рис. 2. Угловая зависимость параметра $M_{s'okn}$ (обозначения как на рис. 1)

Для фиксированного угла рассеяния в ЦМ θ накапливались угловые распределения протонов $N(\varphi)$ для разных комбинаций знаков поляризаций P_B и P_T . Чтобы уменьшить влияние нестабильности аппаратуры, измерения повторялись 2 — 3 раза с каждой комбинацией направлений P_B и P_T . Угловым интервалом анализирующего pC -рассеяния был $\theta_{pC} \in [5^\circ, 17^\circ]$ для $\theta = 70, 90^\circ$ и $\theta_{pC} \in [6^\circ, 17^\circ]$ для $\theta = 110^\circ$. При этих углах влияние многократного Колумбовского рассеяния на МА практически исключалось. Из полученных $N(\varphi)$ — распределе-

ний параметры pp -рассеяния P , K_{nn} , A и $M_{s'окн}$ находились в результате минимизации χ^2 -функционала, в котором искомые величины были свободными параметрами. Параметр α в уравнениях (3) и (4) определялся из измерений интенсивностей сопряженных совпадений ЗППМ и от ее безводородного эквивалента.

Параметры K_{nn} , A , $M_{s'окн}$ и их статистические ошибки показаны на рис. 1 и 2. Систематические ошибки параметров связаны с неопределенностью установки угла рассеяния $\Delta\theta \leq 5^\circ$ с неопределенностью значений поляризации P_B и P_T и анализирующей способности, которая не превосходит $\Delta A_{pC}/A_{pC} = 0,05$. Дополнительная погрешность в определении A и $M_{s'окн}$ для углов $\theta = 70, 110^\circ$ возникла вследствие прецессии спинов протонов в магнитном поле ЗППМ, которая составляет около 5° . В этих условиях вклад продольных компонент A' и $M_{k'окн}$ (1) в искомые параметры A и $M_{s'окн}$ не превышал 0,03 по оценкам фазового анализа. Значения параметра A совпадают с ранними измерениями ¹. Разница между полученным в данной работе значением K_{nn} при $\theta = 70^\circ$ и результатом работы ⁹ не превосходит трех стандартных ошибок. Удовлетворительное согласие параметров K_{nn} и A с ранее полученными значениями свидетельствует о достаточной корректности методики измерений. Значения параметра $M_{s'окн}$ близки к предсказаниям первого решения ФА ¹ и под углами $\theta = 70$ и 90° отличаются от решения 2 более чем на три стандартных отклонения. Поэтому можно предполагать, что решение 1 является более вероятным.

Литература

1. Вовченко В.Г. и др. Препринт ЛИЯФ-995, Ленинград, 1984.
2. Higuchi Y., Hoshizaki N. et al. Contributed paper to „1983 INS Symposium”, Tokyo, 1983.
3. Arndt R.A. et al. Phys. Rev., 1983, D28, 87; 1987, D35, 128.
4. Шкляревский Г.М. ЯФ, 1988, 47, 117.
5. Lehar F., Lechanoine-Leluc C., Bystricky J. J de Phys., 1987, 48, 1273.
6. Вовченко В.Г. и др. ЯФ, 1986, 44, 456.
7. Вовченко В.Г. и др. Препринт ЛИЯФ-484, Ленинград, 1979.
8. Борисов Н.С. и др. ПТЭ, 1978, №2, 32.
9. Вовченко В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, 95.

Ленинградский институт ядерной физики им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
9 марта 1988 г.