

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

Ю. П. Кумекин, М. Г. Мещеряков, С. Б. Нурушев, Г. Д. Столетов

P 208

ТРОЙНОЕ РАССЕЯНИЕ ПРОТОНОВ ПРИ 660 МЭВ

I. Измерение параметра деполяризации D (90°)

ЖЭТФ, 1958, т 35, в. 6, с. 1398-1401

г. Дубна, 1958 год

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

Ю. П. Кумекин, М. Г. Мещеряков, С. Б. Нурушев, Г. Д. Столетов

Р 208

ТРОЙНОЕ РАССЕЯНИЕ ПРОТОНОВ ПРИ 660 МЭВ

I. Измерение параметра деполяризации D (90°)

г. Дубна, 1958 год

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Описана постановка опытов по тройному рассеянию протонов при 660 Мэв. Значение параметра деполаризации $D(90^\circ)$ найдено равным $0,93 \pm 0,17$. Этот результат свидетельствует о том, что рр-рассеяние на угол 90° в основном обусловлено членом $\frac{1}{4} C(\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2) \cdot \vec{n}$ в матрице рассеяния.

§ 1. Введение

Мерой изменения нормальной составляющей вектора поляризации во втором рассеянии служит параметр D , введенный Вольфенштейном ⁽¹⁾. Из полученных им формул следует, что в случае рр-рассеяния параметр деполаризации определяется выражением

$$\sigma_0(1-D) = \frac{1}{4} |G - N - B|^2 + |H|^2$$

где $\sigma_0 = \frac{1}{4} |B|^2 + 2|C|^2 + \frac{1}{4}|G-N|^2 + \frac{1}{2}|H|^2 + \frac{1}{2}|H|^2$ сечение рассеяния неполяризованного пучка протонов в водороде, а B , C , G , H и N - пять комплексных амплитуд матрицы рр-рассеяния, записанной в такой же форме, как и в ⁽¹⁾. Амплитуды B , C , G , H и N являются функциями угла рассеяния и энергии. Измерения параметра D представляют существенный интерес с точки зрения полноты информации о рр-рассеянии, особенно если такие измерения произвести в области углов как меньших, так и больших 90° в системе центра масс (с.ц.м.), когда может выявиться синглет-триплетная интерференция.

В данном сообщении приводится результат измерения параметра деполаризации в рр-рассеянии под углом 90° в с.ц.м. при 640 Мэв. Опыт выполнен на шестиметровом синхроциклотроне Объединенного института ядерных исследований.

§ 2. Постановка опыта

Первое рассеяние протонов с энергией 660 Мэв происходило внутри камеры синхроциклотрона в 4-см бериллиевой мишени-поляризаторе. Благодаря преимущественно дифракционному рассеянию налево на угол 9° возникал пучок протонов с поляризацией $P_2 = 0,58 \pm 0,03$ (2) и энергией 640 ± 12 Мэв. На экспериментальной площадке плотность потока в пучке, прошедшем через коллиматор диаметром 3 см, составляла $7 \cdot 10^5$ протонов/см²сек. Расположение второй и третьей мишеней и детектирующей аппаратуры в плоскости первого рассеяния, создающего поляризованный пучок, показано на рис.1.

Второе рассеяние происходило в водородной мишени, представлявшей собой заполненный жидким водородом стеклянный сосуд диаметром 12 см. Средняя энергия протонов в центре второй мишени равнялась 635 Мэв. Три счетчика C_1 , C_2 , C_3 выделяли пучок вторично рассеянных протонов. Профиль этого пучка был практически симметричным относительно линии телескопа C_1, C_2, C_3 . Во второй мишени осуществлялось рассеяние протонов протонами на угол

$\theta_2 = 41 \pm 2,5^\circ$ ($90 \pm 5^\circ$ в с.ц.м.). При этом энергия вторично рассеянных протонов равнялась 315 Мэв, разброс энергии - ± 40 Мэв.

Нормальная составляющая вектора поляризации дважды рассеянных протонов определялась двумя способами. В первом из них (рис.1а) при помощи счетчиков C_4, C_5, C_6, C_7 измерялась асимметрия ϵ_{3n} после третьего рассеяния протонов на угол $\theta_3 = 12^\circ$ в углеродной мишени - анализаторе. Использование углерода в качестве анализатора имеет определенные преимущества при больших углах второго рассеяния, когда образование π -мезонов в третьей мишени либо незначительно, либо не происходит вовсе. Что же касается вклада π^+ -мезонов и вторичных протонов от реакций $pp \rightarrow np\pi^+$ и $pp \rightarrow pp\pi^0$ в скорость счета протонов, упруго рассеянных во второй мишени, то он существенно понижался посредством регистрации обоих упруго рассеянных протонов сопряженными телескопами $C_2 C_2 C_3$ и $C_8 C_9$, угол раствора между которыми отвечал кинематике упругих pp -соударений. Счетчики группами по три подключались к стандартным схемам трехкратных совпадений ($\tau \approx 2 \cdot 10^{-8}$ сек), импульсы с которых в свою очередь поступали на схему совпадений. Пластические сцинтилляторы счетчиков $C_1 \dots C_9$ имели соответственно размеры по горизонтали и вертикали 6,5 x 6,5; 6x7; 6x7; 6x6; 6x6,5; 6,5x7; 6,5x6,5; 7,5x12 и 8,5x13 см и толщину 6 мм. Фон случайных совпадений не превышал 3% эффекта от водорода.

Второй способ (Рис.1б) определения нормальной составляющей вектора поляризации протонов после второго рассеяния состоял в измерении под углом $\theta_3 = 30^\circ$ асимметрии ϵ_{3n} после pp -рассеяния в третьей мишени, изготовленной из полиэтилена. Рассеяние протонов с энергией 315 Мэв протонами в третьей мишени отделялось от неупругих процессов посредством регистрации рассеянного протона и протона отдачи сопряженными телескопами $C_4 C_5 C_6 C_7$ и $C_8 C_9$, устанавливаемыми поочередно справа и слева симметрично по отношению к пучку, прошедшему через телескоп $C_2 C_2 C_3$. Импульсы совпадений от сопряженных телескопов отбирались по совпадению с импульсами от телескопа $C_2 C_2 C_3$. При использовании тех же сцинтилляторов фон случайных девятикратных совпадений не превышал 1% эффекта от водорода. Этот способ определения степени поляризации дважды рассеянных протонов имеет смысл использовать при втором рассеянии на малые углы, когда становится невозможным выделение упругого pp -рассеяния сопряженными телескопами.

В том случае, когда второе рассеяние происходит на угол 90° в с.ц.м., значение параметра деполаризации дается выражением

$$D(90^\circ) = \frac{\epsilon_{3n}}{\epsilon_3}$$

где ϵ_3 - асимметрия, возникающая в рассеянии на третьей мишени-анализаторе пучка протонов с поляризацией P_2 и с энергией, равной энергии протонов в дважды рассеянном пучке. Понижение энергии протонов в первично-рассеянном поляризованном пучке от 640 до 315 Мэв производилось с помощью набора полиэтиленовых и свинцовых поглотителей, установленных на пути протонов

до и после очищающего магнита так, чтобы угловой разброс в пучке замедленных протонов был примерно таким же, как и в выделенном пучке протонов, испытавших второе рассеяние в водородной мишени. Контрольные измерения показали, что торможение протонов не приводит к деполяризации пучка.

Измерения асимметрии ϵ_3 (калибровка анализатора) проводились в тех же геометрических условиях и с использованием той же детектирующей аппаратуры, как и измерения ϵ_{3n} . Счетчики C_1, C_2, C_3 и мишень-анализатор устанавливались по линии пучка замедленных протонов, из которого была удалена вторая водородная мишень. При калибровке углеродного анализатора асимметрия находилась посредством регистрации совпадений между телескопом $C_1 C_2 C_3$, выделявшем используемый пучок протонов, и телескопом $C_4 C_5 C_6 C_7$, регистрировавшим рассеянные протоны. Следует подчеркнуть, что все измерения с углеродным анализатором производились без фильтра между счетчиками в телескопе $C_4 C_5 C_6 C_7$, так что наблюдаемые асимметрии ϵ_{3n} и ϵ_3 были пропорциональны поляризации падающего пучка протонов и анализирующей способности углерода, обусловленной поляризацией протонов как в дифракционном, так и в неупругом рассеянии. При калибровке полиэтиленового анализатора pp-рассеяние выделялось сопряженными телескопами так же, как и при измерении асимметрии ϵ_{3n} после pp-рассеяния в третьей мишени.

При обработке данных измерений вносились поправки, учитывающие фон случайных совпадений, эффект от пустого сосуда для жидкого водорода и эффект от сцинтиллятора C_3 , близко расположенного к третьей углеродной мишени.

§ 4. Результаты

На основании данных девяти отдельных серий измерений было найдено, что асимметрия после рассеяния на углеродной мишени протонов, дважды испытавших до этого рассеяние, равна

$$\epsilon_{3n} = 0,200 \pm 0,032$$

С другой стороны, калибровочные измерения асимметрии в рассеянии на углеродной мишени первично поляризованного пучка протонов, энергия которых снижалась до 315 Мэв, привели к значению

$$\epsilon_3 = 0,216 \pm 0,012$$

Здесь указаны только статистические ошибки; они преобладали над систематическими ошибками, обусловленными неопределенностью в оценке различных геометрических факторов. В подавляющей части измерений ϵ_{3n} и ϵ_n были получены результаты, совпадающие в пределах ошибок с соответствующими средними величинами.

Из полученных значений асимметрии ϵ_{3n} и ϵ_n следует, что

$$D(90^\circ) = 0,93 \pm 0,17$$

Такой же результат, но с меньшей точностью, был получен и при выполнении эксперимента вторым способом, именно, - путем измерения асимметрий \mathcal{E}_{32} и \mathcal{E}_9 в pp-рассеянии в полиэтиленовой мишени.

Найденное значение $D(90^\circ)$ заметно превышает значения, полученные при энергиях 310 (3) и 415 Мэв (4), и близко к верхней границе интервала от $-I$ до $+I$, внутри которого должна быть заключена величина $D(90^\circ)$. Этот факт указывает на малое изменение величины нормальной компоненты вектора поляризации при pp-рассеянии на угол 90° . В этом случае амплитуды G и N матрицы рассеяния равны нулю, и имеет место соотношение:

$$D(90^\circ) = \frac{2/C^2 - \frac{1}{2}|H|^2}{\frac{1}{4}|B|^2 + 2/C^2 + \frac{1}{2}|H|^2}$$

То, что значение $D(90^\circ)$ близко к $+I$, означает, что из всех слагаемых матрицы pp-рассеяния только член $C(\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2) \cdot \vec{n}$ играет основную роль в рассеянии на угол 90° . Судя по среднему значению $D(90^\circ)$ вклад в рассеяние на угол 90° члена $C(\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2) \cdot \vec{n}$ составляет не менее 90%, вклад тензорного члена $H[(\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{k})(\vec{\sigma}_2 \cdot \vec{p}) - (\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{p})(\vec{\sigma}_2 \cdot \vec{k})]$ может достигать $\sim 4\%$, что же касается рассеяния в синглетном состоянии, то его вклад может составлять не больше $\sim 7\%$. В борновском приближении член $C(\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2) \cdot \vec{n}$ соответствует простой спин-орбитальной связи (5).

Авторы признательны Р.М.Рындину за участие в обсуждении результатов.

Л и т е р а т у р а .

1. L.Wolfenstein, Phys.Rev. 96, 1654, 1954.
2. М.Г.Мещеряков, С.Б.Нурушев, Г.Д.Столетов, ЖЭТФ, 31, 361, 1956.
3. T.Ypsilantis, C.Wiegand, R.Tripp, E.Segre, O.Chamberlain, Phys.Rev. 98, 840, 1955.
4. J.Kane, R.Stallwood, R.Sutton, J.Fox, Bull.Am.Phys.Soc., 1, 9, 1956.
5. L.Wolfenstein, Bull.Am.Phys.Soc. 1, 36, 1956.

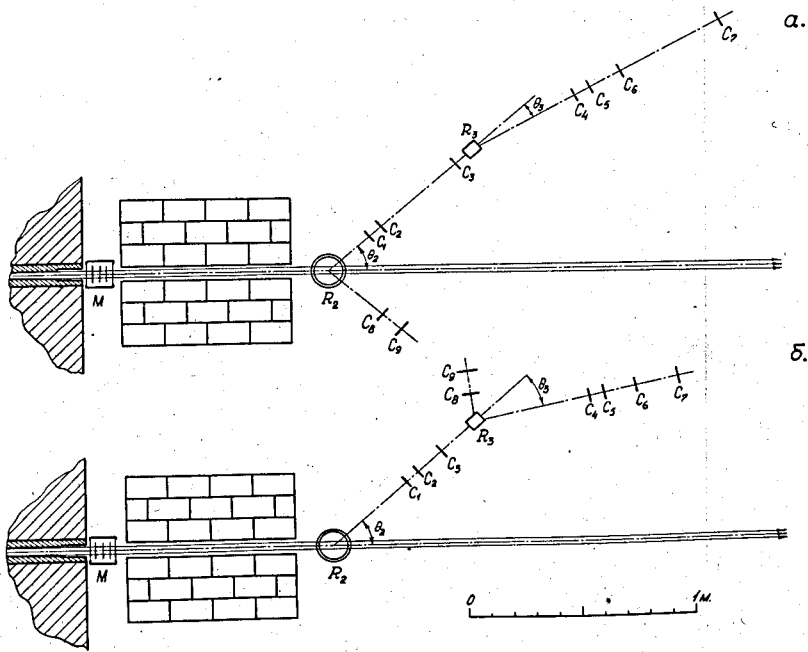


Рис. I.

Схема расположения рассеивающей и детектирующей аппаратуры в плоскости рассеяния. М - монитор, R_E - вторая мишень-сосуд с жидким водородом; R_3 - третья мишень: Ia - блок из графита размером 5x8x6 см; Iб - блок из полиэтилена тех же размеров. $C_1 \dots C_9$ - сцинтилляционные счетчики.