

457
76
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

P-457

И. Граменицкий, З. Корбел, Л. Роб

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАКА
ЗАРЯДА ЧАСТИЦ В ФОТОЭМУЛЬСИИ

Дубна 1960 год

P-457

И. Граменицкий, З. Корбел, Л. Роб

536/10 мс.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАКА
ЗАРЯДА ЧАСТИЦ В ФОТОЭМУЛЬСИИ

70/1/3

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

А н н о т а ц и я

В эмульсионной стопке, облученной внутренним пучком протонов с энергией ~ 9 Бэв, находившейся в момент облучения в магнитном поле синхротрона /напряженность $H \sim 1,2 \cdot 10^4$ гаусс/, производилось измерение магнитного отклонения вторичных заряженных частиц. Показана возможность статистического разделения частиц по знакам заряда при длинах следов $t \sim 6 \div 10$ см.

Статья направлена в ПТЭ.

В фотоэмульсии, помещенной в магнитное поле напряженностью в несколько десятков тысяч гаусс, может быть сделано определение знака заряда быстрых частиц^{1/}. При прохождении длины t траектория частицы испытывает изменение направления на угол Θ_M в результате действия магнитного поля и на угол Θ_K — в результате многократного рассеяния. Соотношение между Θ_M и средним квадратичным углом многократного рассеяния Θ_K можно представить в виде:

$$\frac{\Theta_M}{\Theta_K} = 3,5 \cdot 10^{-5} H \beta \sqrt{t}.$$

где H — напряженность поля в гауссах, t — расстояние в см, β — отношение скорости частицы к скорости света. При достаточно больших энергиях $\beta \sim 1$ $\frac{\Theta_M}{\Theta_K}$ является функцией только напряженности поля H и длины t .

Надежное определение знака может быть сделано при $\frac{\Theta_M}{\Theta_K} \gg 1$, что приводит к необходимости использовать при полях в несколько десятков тысяч гаусс следы длиной порядка нескольких десятков сантиметров. Однако в ряде случаев можно ограничиться статистическим разделением частиц по знакам. Для этого достаточно провести измерения каждого следа на значительно меньшей длине и построить распределение величин $\gamma = \frac{\Theta_M}{\Theta_K \sqrt{t}}$, которое позволит определить число положительных и отрицательных частиц. Точность при этом будет определяться суммарной длиной всех измеренных следов.

В работах^[2,3] для определения знака заряженных частиц фотопластинки помещались в магнитное поле с напряженностью $H = 3,4 \cdot 10^4$ гаусс. Производилось измерение углов Θ_i на последовательных ячейках следа на полной длине t и вычислялась величина $\gamma = \frac{\sum \Theta_i}{\sum \Theta_i \sqrt{t}}$. Полученные в^[2,3] результаты указывают на возможность разделения частиц по знакам.

^{1/} Вопрос об определении знака и импульса частиц в сильных магнитных импульсных полях в настоящей работе не рассматривается [см. ^[1]].

Следует отметить, что при таком способе измерения большую опасность представляют С-образные дисторсии, которые могут имитировать магнитное отклонение. В эмульсии, облученной на ускорителе хорошо коллимированным пучком частиц высокой энергии, влияние таких дисторсий можно устранить, измеряя θ_M для вторичных частиц относительно осей пучка.

В настоящей работе в стопке эмульсий НИКФИ тип "Р", размером слоев $10 \times 20 \times 0,04 \text{ см}^3$, облученной внутренним пучком протонов с энергией

9 Бэв на синхрофазотроне Объединенного института ядерных исследований проводились измерения θ_M на следах вторичных частиц^{2/}. В момент облучения стопка находилась внутри вакуумной камеры синхрофазотрона в магнитном поле напряженностью $H = 1,2 \cdot 10^4$ гаусс. Для измерений выбирались следы вторичных частиц из взаимодействий первичных протонов с ядрами фотоэмульсии, удовлетворяющие следующим условиям:

а/ Угол погружения следа меньше 4° ;

б/ Величина $p\beta$, оцененная по многократному рассеянию, равна примерно $1-2$ Бэв/с;

в/ Угол в плоскости эмульсии с направлением первичного протона меньше 30° .

На выбранных следах проводились измерения θ_M относительно направления первичного пучка. При этом использовалось то обстоятельство, что первичный пучок протонов внутри камеры синхрофазотрона очень узко коллимирован. В таблице 1 приведена величина стандартного отклонения углового распределения первичных протонов σ на различных расстояниях z от края стопки. Увеличение σ с расстоянием z связано с влиянием многократного рассеяния и с такими ядерными взаимодействиями /упругими и неупругими/, в результате которых появляются вторичные частицы, имеющие малые углы с осью пучка.

2/ Возможность определение знаков заряда частиц в магнитном поле синхрофазотрона была отмечена В.И.Векслером.

Т а б л и ц а 1

L см	1	4	7	11
δ	5,8'	8,2'	9,5'	10,6'

Измерения Θ_M проводились следующим образом. Пластика располагалась на поворотном столике измерительного микроскопа так, чтобы следы первичных протонов были примерно параллельны направлению движения столика. В начале вторичного следа на ячейке $d = 2000 \mu$ измерялась первая разность S_1 и вычислялся угол φ_1 следа с направлением движения столика: $\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{S_1}{d}$. Таким же образом определялись углы следов первичных протонов, а, следовательно, и угол оси пучка φ_0 с направлением движения столика. Разность $\alpha_k = \varphi_1 - \varphi_0$ является углом между направлением первичной частицы и осью пучка. Далее след вторичной частицы продолжался на длину $t \sim 6+10$ см и находилась величина α_k . Величины $\Theta_{kz,и} = \alpha_n - \alpha_k$ использовались для вычисления $\gamma = \frac{\Theta_{kz,и}}{\Theta_k \sqrt{t}}$, где $\Theta_{kz,и} = \Theta_M + \Theta_k(t)$. При этом учитывалось изменение направления оси пучка, возникающее в результате магнитного отклонения первичных протонов. Ошибки величины $\Theta_{kz,и}$ складываются из ошибок измерения φ в начальной и конечной точках и точности определения оси пучка. При измерении φ наиболее существенными являются шум зерен, шум отсчета и многократное рассеяние на данной ячейке. Для уменьшения шума отсчета проводились пятикратные измерения S на каждом следе. Необходимо отметить, что шум зерен и шум отсчета $\Delta\varphi$ зависит от величины угла φ . На рис. 1 приведена эта зависимость, причем точки соответствуют экспериментальным ошибкам, связанным с шумом отсчета при одном измерении, а сплошная кривая - рассчитанным ошибкам, связанным с шумом зерен. Ошибка, возникающая в результате многократного рассеяния зависит от энергии частицы и длины ячейки. Среднее значение ошибки для всех измеренных следов оказалось равным $\Delta\varphi = 12'$. Для определения направления оси пучка в начальной и конечной точках измерялось по 10 следов первичных протонов. Поэтому ошибка в направлении оси пучка составляла $\sim 2^\circ$ в начальной и $\sim 3^\circ$ в конечной точках измерения. Таким

образом ошибка в $\theta_{\text{изм}}$ составляла в среднем $\Delta\theta_{\text{изм}} \sim 13'$ при величине $\theta_{\text{изм}}$, равной примерно 1° .

Всего было измерено 20 следов вторичных частиц /полная длина 155,3 см/. Распределение величин γ приведено на рис. 2. Средние значения величин $|\bar{\gamma}|$, $\bar{\gamma}_+$ для положительных частиц и $\bar{\gamma}_-$ для отрицательных частиц равны $0,45 \pm 0,04$, $+0,46 \pm 0,04$ и $-0,44 \pm 0,08$ соответственно. Теоретические значения этих величин, вычисленные с учетом влияния многократного рассеяния равны $0,47$, $+0,48$ и $-0,45$ соответственно.

Приведенные результаты указывают на возможность статистического разделения частиц по знакам в эмульсии, облученной в магнитном поле синхрофазотрона, т.е. в поле со сравнительно малым значением H . При этом надежность в определении знака достаточно велика. Так, например, при длинах вторичных следов $t = 6$ см положительные частицы будут иметь отрицательное значение γ из-за влияния многократного рассеяния только в 15% случаях. Применение полей с напряженностью примерно в 5 раз больше, что вполне достижимо при объеме $\sim 1 \text{ л}$, позволило бы определять не только знаки, но и импульсы быстрых частиц.

В заключение авторы выражают благодарность М.Я.Данышу, В.Б.Любимову и М.И.Подгоренскому за ценные советы и помощь в работе, а также А.И.Маклачковой, принимавшей участие в измерениях.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 января 1960 года.

Л и т е р а т у р а

1. ВМ.Лихачев, А.В.Куценко, В.П.Воронков: ЖЭТФ, 29, 894 /1955/.
2. С.С.Dilworth, S.J.Goldsack, Y.Goldschmidt-Clermont, F.Levy. Phil. Mag., 41, 1032 (1950).
3. С.С.Dilworth, S.J.Goldsack. Nuovo Cim., X, 926 (1953).

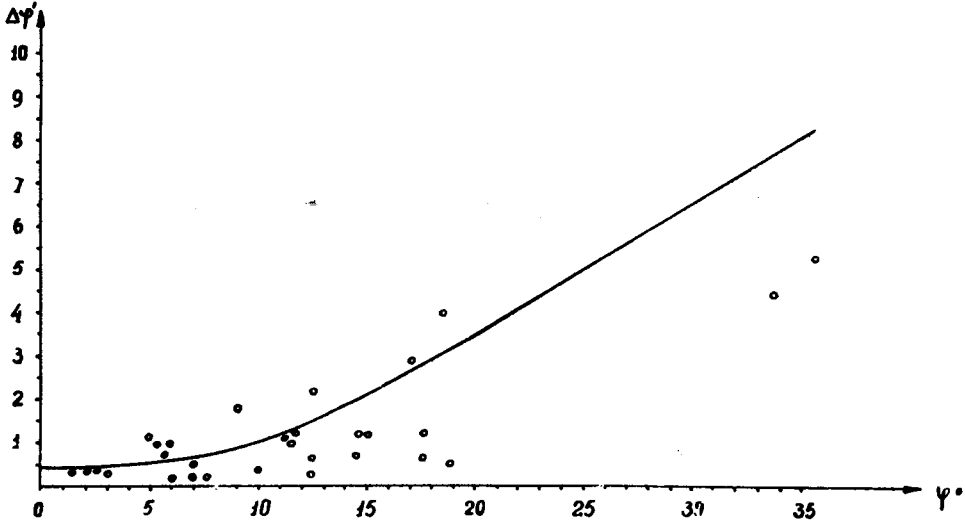


Рис. 1. Зависимость точности измерения $\Delta\varphi$ от величины угла φ . Точки соответствуют экспериментальным ошибкам, связанным с шумом отсчета; сплошная кривая - рассчитанное значение ошибок, связанных с шумом зерен.

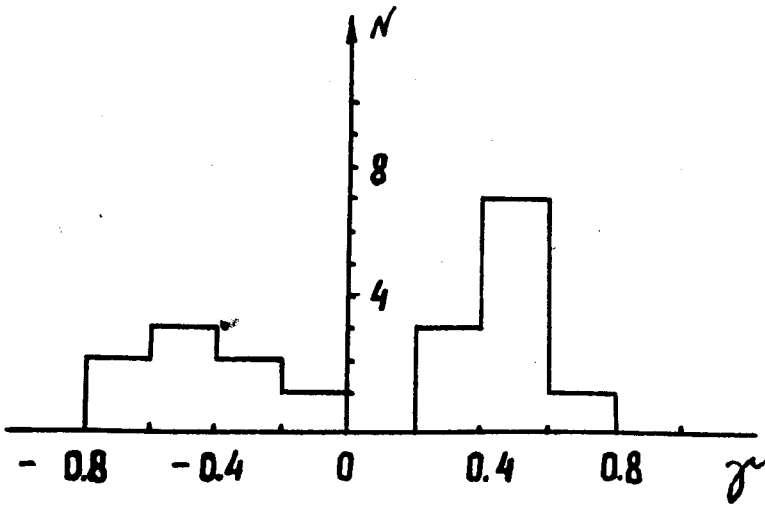


Рис. 2. Распределение величин z .