

О МЕТОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЯХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКАХ

Б. Г. ЕРОЗОЛИМСКИЙ, А. П. ОНУЧИН, А. Г. ХАБАХПАШЕВ

Институт ядерной физики СО АН СССР

(Получено 13 марта 1963 г.)

В экспериментах на встречных пучках электронов при одинаковой энергии сталкивающихся частиц и угле встречи 180° лабораторная система совпадает с системой центра инерции и все пары рассеянных электронов движутся коллинеарно в противоположных направлениях. Регистрирующая аппаратура для измерения зависимости сечения рассеяния от угла должна состоять из пар счетчиков, расположенных под разными углами. Счетчики каждой пары включаются в схему совпадений. При этом, то обстоятельство, что детекторы и область взаимодействия сталкивающихся частиц имеют конечные размеры, а также наличие рассеяния разлетающихся электронов на пути к детекторам должно приводить к интегрированию сечения по некоторой области углов. В данной работе рассматриваются связанные с этими эффектами поправки, которые необходимо вносить в результаты измерений.

На рисунке показана геометрия опыта. Пучки электронов движутся вдоль оси X навстречу друг другу так, что столкновения электронов происходят в некоторой области (области взаимодействия), расположенной около точки O . На расстоянии L от области взаимодействия установлены два детектора с радиусами R_1 и R_2 . Координатные оси yz и mn лежат в плоскостях детекторов, перпендикулярно линии $O'O''$. Область взаимодействия отделена от детекторов фольгой сферической формы.

Пусть $\varphi(x)$ описывает плотность «источников» электронов, рассеянных в области взаимодействия за счет $e-e$ столкновений¹. Тогда число совпадений, зарегистрированных элементом детектора I с координатами

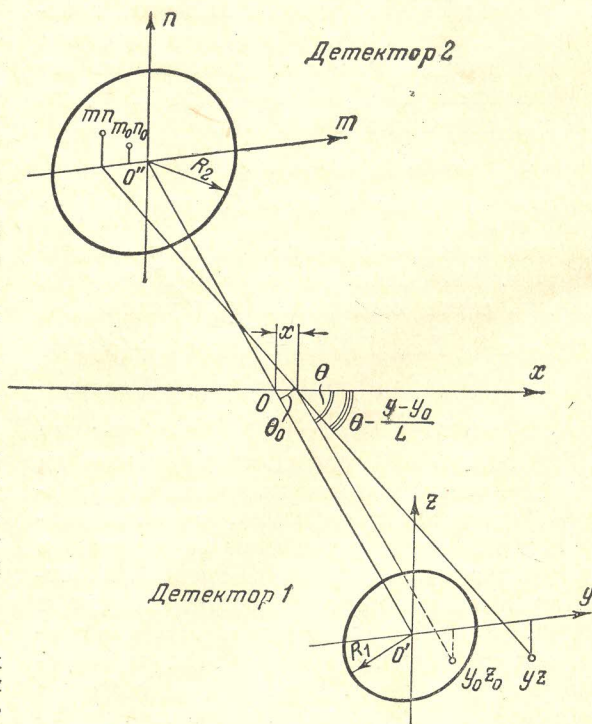
$y_0 z_0$ и детектором 2 , будет равно:

$$dN = \varphi(x) dx d\omega_0 \int_{-\infty}^{\infty} dy \int_{-\infty}^{\infty} dz \sigma[\theta - (y - y_0)/L] \times \\ \times \psi(y - y_0) \psi(z - z_0) P_2(x, y, z, \theta, \alpha), \quad (1)$$

где $d\omega_0$ — элемент телесного угла; θ — угол на элемент детектора с координатами $y_0 z_0$; $\theta - (y - y_0)/L$ — угол, под которым движется электрон до рассеяния в фольге;

$$\psi(y - y_0) = \frac{1}{\alpha \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y - y_0)^2}{2\alpha^2}\right]$$

— функция распределения электронов, рассеянных в воздухе и фольге; α — среднее квадратичное отклонение электронов в плоскости детектора; P_2 — вероятность для второго элект-



¹ $\iint \varphi(x) \sigma(\theta) dx d\omega$ — полное число рассеянных электронов. Так как поперечные размеры области взаимодействия малы, то их можно не учитывать при вычислении поправок.

рона попасть в счетчик 2, если первый электрон вылетел в направлении точки с координатами yz ,

$$P_2(x, y, z, \theta_0, \alpha) = \int_{-R_2}^{R_2} \psi(m_0 - m) dm \times \int_{-\sqrt{R_2^2 - m_0^2}}^{\sqrt{R_2^2 - m_0^2}} dn \psi(n_0 - n). \quad (2)$$

Чтобы эффективность регистрации электронов определялась телесным углом только одного счетчика, необходимо обеспечить выполнение требования:

$$R_2 - R_1 - 2x_0 \gg 2\alpha, \quad (3)$$

где $2x_0$ — размер области взаимодействия. При этом условии $P_2 = 1$ и интеграл (1) можно вычислить:

$$N(\theta_0) = \int \varphi(x) \omega_0 \{ \sigma(\theta_0) [1 + 2(x/L) \cos \theta_0] + \sigma'(\theta_0)(x/L) \sin \theta_0 [1 + 3(x/L) \cos \theta_0] + \frac{1}{2} \sigma''(\theta_0) \times [R_1^2/4L^2 + (x^2/L^2) \sin^2 \theta_0 + \alpha^2/L^2] \} dx. \quad (4)$$

При вычислении были произведены разложения в ряд сечения и телесного угла и оставлены члены первого порядка малости и члены второго порядка, умноженные на коэффициенты $\sigma'/8 \gg 1$ и $\sigma''/8 \gg 1$. Пусть функция источника имеет вид

$$\varphi(x) = (I_0/x_0) (1 - |x - x_1|/x_0),$$

где $I_0 = \int \varphi(x) dx$ и $x_1 = I_0^{-1} \int x \varphi(x) dx$ — смещение «центра тяжести» области взаимодействия. Вычисляя интеграл (4), получим скорость счета совпадений под углом θ_0

$$N(\theta_0) = \sigma(\theta_0) I_0 \omega_0 \{ 1 + (x_1/L) [2 \cos \theta_0 + (\sigma'/\sigma) \times \sin \theta_0] + [(1/6) x_0^2 + x_1^2]/L^2 [3(\sigma'/\sigma) \sin \theta_0 \cos \theta_0 + (\sigma''/2\sigma) \sin^2 \theta_0] + R_1^2 \sigma''/L^2 8\sigma + \alpha^2 \sigma''/L^2 2\sigma \}. \quad (5)$$

Выражение (5) содержит поправки на смещение «центра тяжести» и конечные размеры области взаимодействия, конечные размеры детектора и рассеяние электронов в фольге и воздухе. Поправка на смещение центра тяжести источника x_1 состоит из двух членов. Первый член связан с тем, что смещение центра приводит к изменению телесного угла детектора. Второй член связан с изменением среднего угла, под которым регистрируются рассеянные электроны. Первый член поправки на конечные размеры источника x_0 связан с различием телесных уг-

Поправки на смещение и конечные размеры области взаимодействия, конечные размеры детектора и рассеяние электронов в фольге в процентах

	$\frac{\Delta N}{N} (90^\circ)$	$\frac{\Delta N}{N} (80^\circ)$	$\frac{\Delta N}{N} (90^\circ) - \frac{\Delta N}{N} (80^\circ)$
$\frac{x_1}{L} \left(2 \cos \theta_0 + \frac{\sigma'}{\sigma} \sin \theta_0 \right)$	0	-3,4	3,4
$\frac{1}{6} \frac{x_0^2 + x_1^2}{L^2} \left(3 \frac{\sigma'}{\sigma} \sin \theta_0 \cos \theta_0 + \frac{\sigma''}{2\sigma} \sin^2 \theta_0 \right)$	0,2	-0,05	0,25
$\frac{R_1^2}{L^2} \frac{\sigma''}{8\sigma}$	0,8	8,8	-8
$\frac{\alpha^2}{L^2} \frac{\sigma''}{2\sigma}$	0,03	0,4	-0,4

лов и средних углов рассеяния от разных концов источника на детектор. Второй член поправки на конечные размеры источника, так же как и поправки на конечные размеры детектора и рассеяние электронов в фольге и воздухе, связан с усреднением сечения по некоторому конечному интервалу углов. В таблице приведены численные значения поправок для случая: $R_1 = 3$ см, $x_0 = 1,5$ см, $x_1 = 0,5$ см, $L = 30$ см и $\alpha = 0,3$ см (рассеяние электронов с энергией 100 Мэв в алюминии толщиной 1 мм).

Следует отметить, что в условии (3) знак \gg связан с необходимостью учитывать электроны, рассеянные в фольге на большие углы. Так как вероятность рассеяния на большие углы мала, то практически условие (3) можно заменить на

$$R_2 \gg R_1 + 2x_0 + 2\alpha. \quad (6)$$

Численная оценка для приведенного примера показала, что при $R_2 = R_1 + 2x_0 + 2\alpha$ изменение скорости счета составляет $< 0,2\%$. В общем случае вычисление интеграла (1) необходимо выполнять численно для каждой конкретной задачи. Можно лишь указать, что при $R_2 < R_1 + 2x_0 + 2\alpha$ для вычисления поправок необходимо с большой точностью знать вид функции $\varphi(x)$.

Полученные выражения для поправок на смещение и конечные размеры области взаимодействия, конечные размеры детектора и рассеяние в фольге и воздухе определяют условия, которым должна удовлетворять аппаратура в опытах такого рода, и при выполнении требования (6) дают возможность вычислить эти поправки.