

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 4815



Н.И. Костанашвили , Р.В. Полякова, В.А. Ямба

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ЧАСТИЦ,
ВЫБЫВАЮЩИХ ИЗ ДЕТЕКТОРА
ВСЛЕДСТВИЕ МНОГОКРАТНОГО КУЛОНОВСКОГО
РАССЕЯНИЯ

1969

Н.И. Костанашвили*, Р.В. Полякова, В.А. Ямба

К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ЧАСТИЦ,
ВЫБЫВАЮЩИХ ИЗ ДЕТЕКТОРА
ВСЛЕДСТВИЕ МНОГОКРАТНОГО КУЛОНОВСКОГО
РАССЕЯНИЯ

* Тбилисский государственный университет

При регистрации заряженных частиц различными детекторами возникает вопрос об учете частиц, выбывающих за их пределы вследствие многократного кулоновского рассеяния. При больших ионизационных потерях указанная поправка становится существенной, если поперечные размеры детектора малы по сравнению со среднеквадратичными отклонениями частиц σ . Для однородных детекторов с "бесконечной" средой из вещества детектора указанную поправку можно рассчитать^{/1/}. В более общих случаях задачу можно решить моделированием по методу Монте-Карло.

Рассмотрим декартову систему координат с началом в точке вхождения частиц в вещество. Ось t выберем по направлению начального движения частиц, а две другие оси обозначим y и z .

Вероятность того, что частица, пройдя слой вещества толщиной t , будет иметь в плоскости (yt) определенное поперечное смещение y и угловое отклонение θ , равна^{/2/}

$$F(t, y, \theta) = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \frac{w^2}{t^2} e^{-w^2 \left(\frac{\theta^2}{t} - \frac{3y\theta}{t^2} + \frac{3y^2}{t^3} \right)} \quad (1)$$

где $w = \frac{2r\beta}{E_s}$, а r и β - импульс и скорость частицы, E_s - константа, слабо зависящая от вещества. Это распределение справедливо для

случая, когда частицы падают на слой вещества параллельно оси z (перпендикулярно к плоскости вещества) и с одинаковыми энергиями (монохроматический пучок).

По соображениям симметрии эта же функция $F(t, z, \theta)$ описывает пространственное и угловое распределения частиц в плоскости (z, t) .

Если проинтегрировать функцию распределения F по z , то получим функцию $G(t, \theta)$, представляющую угловое распределение безотносительно к поперечному смещению

$$G(t, \theta) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{w}{t^{3/2}} e^{-\frac{w^2 \theta^2}{4t}} \quad (2)$$

$G(t, \theta)$ есть распределение Гаусса с дисперсией $\sigma_\theta = \frac{\sqrt{2t}}{w}$.

Закон распределения по y при известном θ можно найти, используя (1) и (2)

$$G_\theta(t, y) = \frac{F(t, y, \theta)}{G(t, \theta)} = \sqrt{\frac{3}{\pi}} \frac{w}{t^{3/2}} e^{-3w^2 \left(\frac{\theta^2}{4t} - \frac{y\theta}{t^2} + \frac{y^2}{t^3} \right)}$$

Если ввести новую переменную $a = y - \frac{\theta t}{2}$, то получим

$$G_\theta(t, a) = \sqrt{\frac{3}{\pi}} \frac{w}{t^{3/2}} e^{-\frac{3w^2 a^2}{t^3}} \quad (3)$$

распределение Гаусса для величины a с дисперсией $\sigma_a = \frac{t^{3/2}}{w\sqrt{6}}$.

Таким образом, если разыгрывать θ и a методом Монте-Карло в соответствии с распределениями (2) и (3), а затем использовать полученные в каждом разыгрывании величины θ и a , то можно находить соответствующие значения y . При этом толщина t должна быть такой, чтобы изменение за счет ионизационных потерь было пренебрежимо мало.

Нами рассмотрен случай, когда использовались эмульсионные камеры в качестве детекторов π^+ -мезонов, образованных в pp -столкновениях

при энергии 660 Мэв.^{/3/} На площадь EFKL (рис.1) равномерно падали π^+ -мезоны с энергиями до 100 Мэв. π^+ -мезоны тормозились в эмульсионной камере до остановки в некоторой точке (t, y, z) в зависимости от их начальной энергии. Под микроскопом просматривалась зона MNPR. Надо определить вероятность того, что частица остановится в зоне M'N'P'R' при некотором пробеге t . Размеры камеры указаны на рис.1.

При решении этой задачи методом Монте-Карло использовались распределения (2) и (3). Пробег π^+ -мезонов разбивался на шаги $\Delta t = 0,2$ и $0,1$ радиационных единицы (1 рад. единица для фотоэмульсии равна 29,7 мм) так, чтобы изменение энергии частиц за счет ионизационных потерь на этом отрезке было мало и распределения (2) и (3) были применимы. При разыгрывании θ и α на каждом шаге Δt осуществлялся переход в подсистему координат, ось t которой выбирается по направлению входа частицы в этот слой. Значение w находилось на каждом шаге Δt с использованием соотношения пробег-энергия, взятым из работы^{/4/}.

Значение константы $E_0 = 18,3$ получено на основании данных работы^{/1/}.

Программа расчета составлена на языке программирования "Алгол" для транслятора ТА-1. Расчеты проводились на ЭВМ БЭСМ-4 и М-20.

На рис.2 представлены результаты расчета. По оси ординат отложен коэффициент K , равный отношению числа частиц, попавших на площадь MNPR с данной энергией в начале камеры, к числу частиц, прошедших слой эмульсии толщиной t и остановившихся в зоне M'N'P'R'. Значения коэффициента K рассчитаны при разных пробегах π -мезонов в фотоэмульсии. На этом же рисунке приведены значения этого же коэффициента, измеренные экспериментально в работе^{/1/}. Из рис.2 видно, что рассчитанные и экспериментальные значения K хорошо согласуются.

Предложенный метод расчета поправки на многократное кулоновское рассеяние может быть использован для любых веществ и различных размеров тормозящих фильтров и детекторов.

В заключение выражаем глубокую благодарность М.И. Подгорецкому, В.М. Сидорову и Г.И. Осокову за полезные обсуждения.

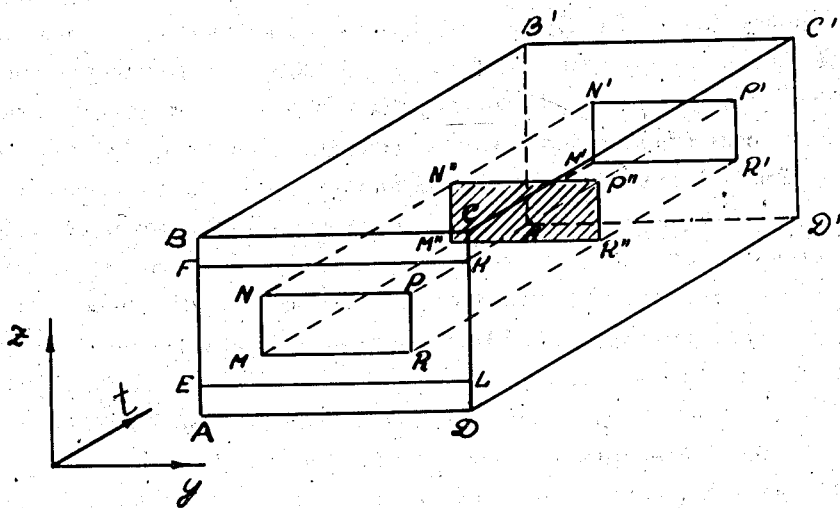


Рис.1. Геометрия и размеры детектора - эмульсионной камеры.
 $AD = 40$ мм, $AB = 20$ мм, $EF = 12$ мм, $MR = 20$ мм, $MN = 3$ мм.

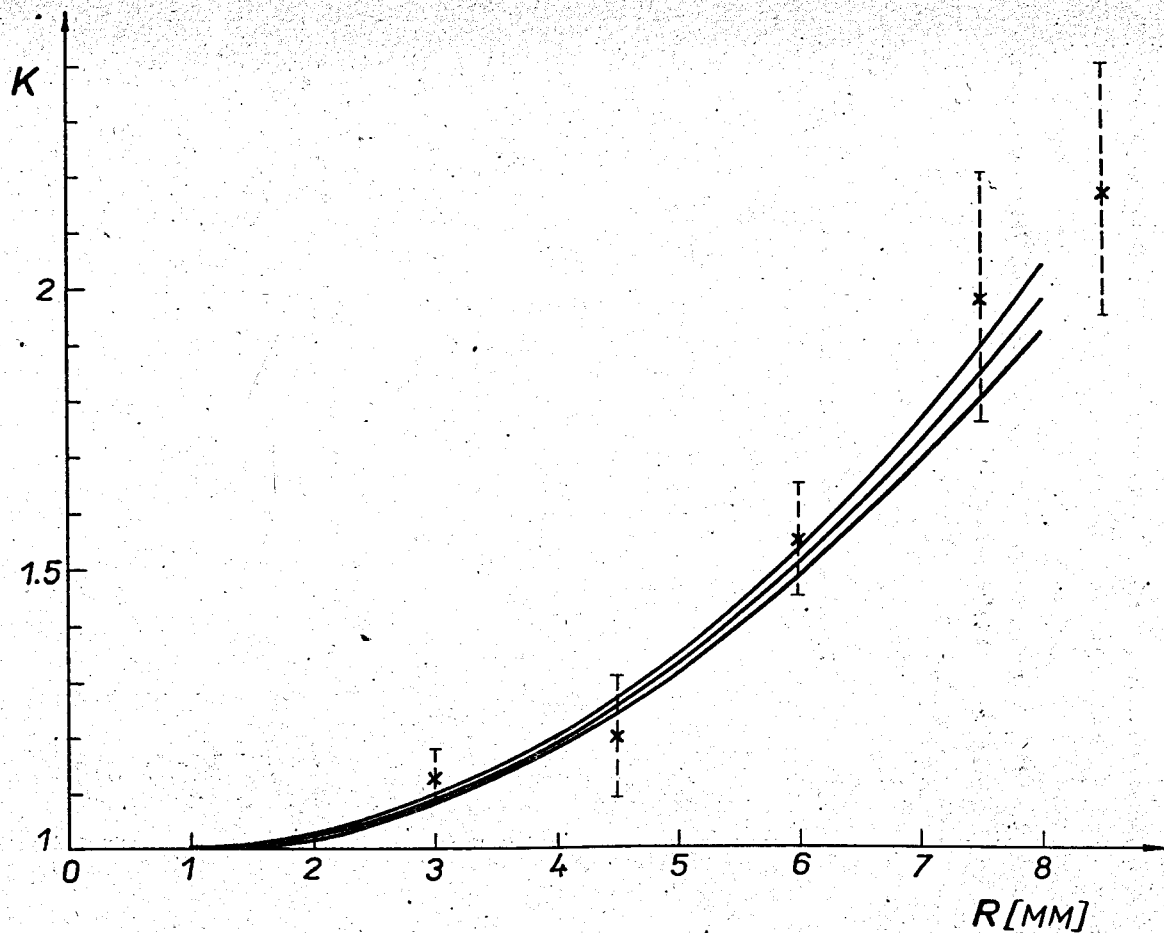


Рис.2. Зависимость поправки K от пробега π^+ -мезонов в фотоэмульсионной камере (детекторе) с размерами, представленными на рис.1. Пунктир - результаты расчета. Средняя сплошная кривая с коридором ошибок - экспериментальные результаты^{1/1}.

Литература

1. А.В. Бурдули, Л.Д. Джалагания, Н.И. Костанашвили, Г.И. Лебедевич, Д.С. Набичвришвили, В.А. Ямба. Сообщение ОИЯИ Р1-4490, Дубна 1969г.
2. Б. Росси и К. Грейзен. Взаимодействие космических лучей с веществом. Москва, 1948 г.
3. Ю.А. Батусов, Н.И. Костанашвили, Г.И. Лебедевич, Д.С. Навичвришвили, В.А. Ямба. Препринт ОИЯИ Р1-4491, Дубна 1969 г.
4. До Ин Себ. ЖЭТФ, 43, 121 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел

21 ноября 1969 года.