

РАЗДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А. И. Алиханьян, Э. С. Белков, Г. М. Гарибян,
М. П. Лорикян, К. Ж. Маркарян, К. К. Шихляров

Образование достаточно интенсивного переходного излучения в пористых материалах помимо теоретического интереса имеет и большое практическое значение [1 – 3].

В настоящее время нет сомнений, что детекторы переходного излучения в рентгеновском диапазоне частот найдут широкое применение для идентификации частиц сверхвысоких энергий как в космических лучах, так и на больших ускорителях.

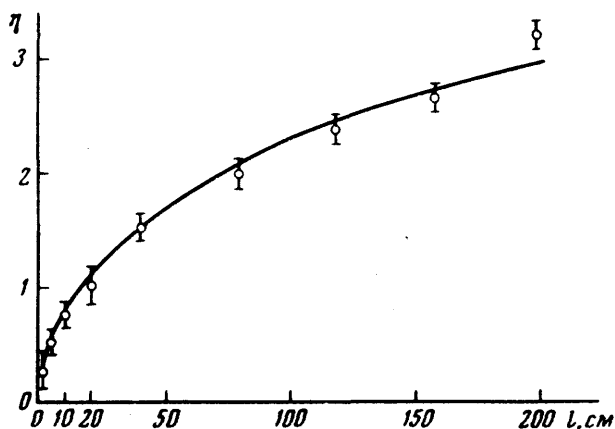


Рис. 1. Зависимость η от длины радиатора пенопласта

В настоящей работе приводятся результаты исследования переходного излучения, возникающего в пенопласте плотностью $0,04 \text{ г/см}^3$ при энергиях электронов $1 + 4,5 \text{ ГэВ}$. Показано, что применение метода стримерной камеры с радиатором из пенопласта позволяет осуществить разделение частиц в области энергий $\gamma = E / mc^2 > 10^3$ с высокой достоверностью.

Измерения проводились на ранее описанной установке [1, 2], с той разницей, что между радиатором и искровой камерой был установлен небольшой магнит, который отклонял траекторию электронов на 4 см вверх, тем самым мы в камере наблюдали трек первичного электрона и рядом с ним фотоэлектроны. Это облегчало обработку, но измерения без отклоняющего магнита показали, что и в этом случае достоверность отбора фотоэлектронов от δ -электронов высокая. Стримерная камера наполнялась смесью $\text{Xe} - 13\%$ и $\text{Ne} - 87\%$.

Результаты измерения среднего числа фотоэлектронов на один первичный электрон η в зависимости от толщины пенопласта ℓ показаны на рис. 1. Здесь по оси ординат отложено η и по оси абсцисс ℓ в сантиметрах. Энергия электронов была $3,0 \text{ ГэВ}$. Из рисунка видно, что в области малых толщин η растет быстро с увеличением толщины радиатора, а затем следует более пологий рост.

Исходя из этой кривой можно определить истинное число фотонов, образованных в радиаторе длиной ℓ . Если пренебречь поглощением фотонов в пенопласте толщиной $\Delta\ell = 1 \text{ см}$, т. е. считать, что зарегистрированное нами количество фотонов k при $\Delta\ell = 1 \text{ см}$ равно полному числу образованных фотонов (с учетом эффективности их регистрации), тогда в радиаторе длиной $\ell \text{ см}$ образуется ℓk фотонов на один электрон. Так как эффективность регистрации фотонов в нашей стримерной камере $\sim 50\%$ и согласно рис. 1 $k = 0,3$, для радиатора длиной $\ell = 100 \text{ см}$ получим $N = 60$ фотонов.

Исходя из приведенных экспериментальных данных также можно грубо оценить среднюю энергию фотонов переходного излучения, образованных в пенопласте.

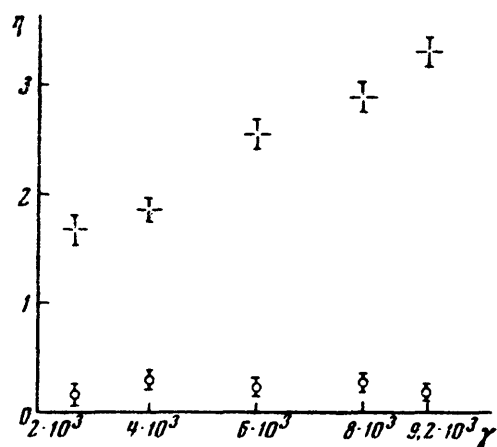


Рис. 2. Зависимость η от энергии электронов

Для этого найдем среднее значение коэффициента поглощения квантов переходного излучения. Эту величину можно получить, если приравнять экспериментально определенное число переходных квантов расчетной формуле, в которой это число выражается через число квантов, испущенных на единице длины, полную толщину, плотность вещества и средний коэффициент поглощения квантов. В результате этот коэффициент оказывается равным, примерно, $4 \text{ см}^2/2$. Поэтому можно считать, что максимум спектра переходного излучения, выходящего из пенопласта, приходится примерно на 8 кэВ [4].

На рис. 2 приведена зависимость η от Лоренц-фактора электронов $\gamma = E/mc^2$ при длине радиатора-пенопласта 160 см (крестики). На том же рисунке приведены результаты измерений, когда пенопласт был заменен плотным радиатором из полистирола эквивалентной толщины, (кружки).

Из рисунка 2 видно, что η для пенопласта растет с энергией линейно. С другой стороны η для плотного материала всегда меньше, чем η для пенопласта и не зависит от энергии.

На рис. 3 приведены экспериментальные кривые распределения числа фотоэлектронов для толщины пенопласта 160 см при энергии электрона $1,3 \text{ ГэВ}$ (кривая а) и $4,5 \text{ ГэВ}$ (кривая б). На этом рисунке по оси абсцисс отложено число фотоэлектронов, сопровождающих отдельные первичные электроны, по оси ординат — число случаев с заданным числом фотоэлектронов.

На том же рис. 3 приведено аналогичное распределение (кривая β) для плотного радиатора (оргстекло) толщиной 6 см.

Рассмотрим вопрос о возможности разделения протонов и π -мезонов с помощью описанного метода. Так как при Лоренц-факторе $\gamma = 2,6 \cdot 10^3$ протон имеет энергию $2,4 \cdot 10^3$ Гэв мы можем распределение a на рис. 3 приписать протонам с такой энергией. При прохождении π -мезонов с энергией $2,4 \cdot 10^3$ Гэв через установку согласно рис. 2 мы будем иметь для среднего числа фотоэлектронов значение $\eta = 6$. На рис. 3 (кривая ϵ) построено расчетное распределение числа фотоэлектронов для π -мезонов с энергией $E = 2,4 \cdot 10^3$ Гэв. Фактор разделяемости протона и π -мезона при энергии $2,4 \cdot 10^3$ Гэв определяется площадью перекрытия распределений a и ϵ . Эта площадь на рисунке заштрихована, она составляет 14%.

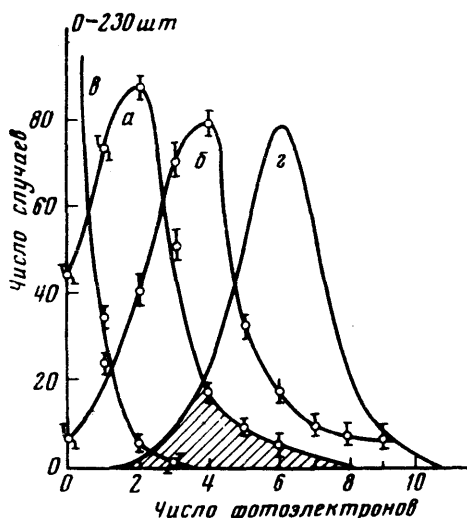


Рис. 3. Распределение числа фотоэлектронов при разных γ

Таким образом, полученные результаты позволяют с 86%-ной эффективностью разделить протоны от π -мезонов в области энергии выше 10^3 Гэв при одновременном измерении их энергии или импульса. При использовании двух последовательно расположенных подобных установок эффективность разделяемости будет 98%.

Средняя величина эффективности регистрации одного фотона в интервале энергий $10 \div 80$ кэв в данной работе была $W_1 \sim 0,5$. Следовательно, средняя величина эффективности одновременной регистрации фотонов $W_N = (0,5)^N$ сильно падает с ростом N , вследствие чего уменьшается угол наклона зависимости числа фотоэлектронов от энергии частицы.

Очевидно, что с приближением W_1 к единице максимумы распределения на рис. 3 раздвинутся и их ширины станут более узкими.

Создавая еще и условия, при которых большая часть фотонов, образованных в радиаторе, достигла бы стримерной камеры, мы можем иметь достаточно высокую величину фактора разделяемости и при более низких энергиях.

В заключение авторы благодарят **А.Ц.Аматуни** за полезные обсуждения и обслуживающий персонал ускорителя за хорошую работу ускорителя.

Поступила в редакцию

5 июня 1972 г.

После переработки

27 июля 1972 г.

Литература

- [1] **А.И.Алиханьян, К.М.Авакян, Г.М.Гарибян, М.П.Лорикян, К.К.Шихляров.** Изв. АН Арм. ССР, Физика, 5, 267, 1970.
 - [2] **А.И.Алиханьян, Г.М.Гарибян, М.П.Лорикян, К.К.Шихляров.** Доклад на Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий, 2, 542, Дубна, 1971.
 - [3] **М.П.Лорикян.** ПТЭ, №3, 73, 1971.
 - [4] **О.И.Лейпунский, Б.В.Новожилов, В.И.Сахаров.** Распространение гамма-квантов в веществе. М., 1960.
-