

ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ПЕРЕХОДНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

А. И. Алиханян, Э. С. Беляков, Г. М. Гарибян,
М. П. Лорикян, К. Ж. Мархарян, К. К. Шихляров

В работе приводятся результаты измерения спектра переходного излучения, возникающего при прохождении электронов с энергией 680 Мэв через слоистый бумажный радиатор.

Показано, что влияние многократного рассеяния электронов на интенсивность переходного излучения отсутствует.

Исследованию переходного излучения в рентгеновском диапазоне частот в слоистых и пористых радиаторах посвящены многочисленные работы [1 – 9]. В основном исследования проводились в области энергии электронов ≥ 1 Гэв. В области энергии ≤ 1 Гэв интенсивность переходного излучения мала и использование этого явления для идентификации частиц представляет известные трудности. Очевидно, это значительно уменьшает интерес физиков.

Однако рентгеновское переходное излучение в области ≤ 1 Гэв представляет определенный интерес с точки зрения физики этого явления.

В работах [1, 2] было изучено рентгеновское переходное излучение в области энергии электронов 250 + 600 Мэв в различных слоистых радиаторах. В этих работах наблюдалось значительное превышение (в отдельных случаях более, чем на порядок) экспериментальных результатов над теоретическими значениями, вычисленными по теории переходного излучения [10]. Более того, полученные результаты при разных расстояниях между слоями и разных числах слоев нельзя было понимать с точки зрения обычной теории переходного излучения и объяснить с точки зрения известных механизмов поглощения фотонов в самом радиаторе.

В работе [11] была создана теория переходного (резонансного) излучения с учетом многократного рассеяния, причем спектральные распределения, предсказываемые теорией с поразительной точностью совпали с экспериментальными данными, взятыми из работ [1, 2].

Нами исследовалось переходное излучение в радиаторе из полиэтилена при энергии электронов 1,2 Гэв [4]. Эти результаты находятся в хорошем согласии с теорией переходного излучения, без учета многократного рассеяния.

В недавно выполненной экспериментальной работе [9] при энергии электронов 600 Мэв, исследовался радиатор, имеющий почти такие же параметры, что и один из радиаторов, использованных в экспериментах [1, 2]. Здесь наблюдалось хорошее согласие с обычной теорией переходного излучения. Таким образом, мы видим, что ситуацию в этой области энергий электронов нельзя считать ясной и требуются новые, более точные эксперименты.

В данной работе приводятся результаты исследования переходного излучения в слоистом радиаторе из бумаги (ватман) при энергии электронов 680 Мэв. Толщина каждого слоя была 240 мкм, расстояние между слоями 2 мм и количество слоев 50. При таком радиаторе в [1, 2] было обнаружено максимальное увеличение излучения относительно теории переходного излучения.

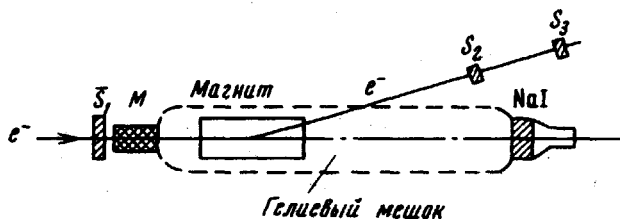


Рис. 1

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Пучок электронов с импульсом $p = 0,68$ Гэв/с и $\Delta P/P \approx 1\%$ образует в мишени M переходные фотоны, которые проходя гелиевый мешок для уменьшения тормозного фона и поглощения фотонов, регистрируются сцинтилляционным спектрометром полного поглощения на основе кристалла $NaI(Tl)$ толщиной 20 мм, диаметром 70 мм и с бериллиевым окном толщиной 0,1 мм. После радиатора переходного излучения электроны отклоняются магнитом в вертикальной плоскости, чтобы предотвратить их попадание в детектор. При прохождении электронов через отверстие антисчетчика S_1 , диаметром 7 мм и апертурные счетчики S_2 и S_3 размером 5×5 см², вырабатывается мастерный сигнал, открывающий линейные ворота для импульса с детектора, который поступает на амплитудный анализ. Расстояние от мишени до детектора составляло 11 м, а от антисчетчика до первого апертурного счетчика 12 м. Разрешение спектрометра на линии 60 кэв составляло 33%, при 34 кэв — 50% (полная ширина на полувысоте). Геометрия установки и размеры счетчиков позволяют регистрировать только те события, когда электрон, проходя через радиатор отклонился на угол $\leq 5 \cdot 10^{-3}$ рад,

т. е. исключались события, когда электрон отклонялся на большие углы. Таким образом, электроны с большими радиационными потерями не участвовали в запуске.

Результаты измерения

Результаты измерения приведены на рис. 2. Крестиками показаны результаты измерения, когда был установлен слоистый радиатор, а кружками, когда был установлен эквивалентный радиатор (сжатая бумага). Мы видим, что в пределах экспериментальных ошибок никакой разницы в спектрах излучения во всем измеряемом диапазоне частот не наблюдается.

Число фотонов $\cdot \text{кэВ}^{-1} \cdot \text{электрон}^{-1}$

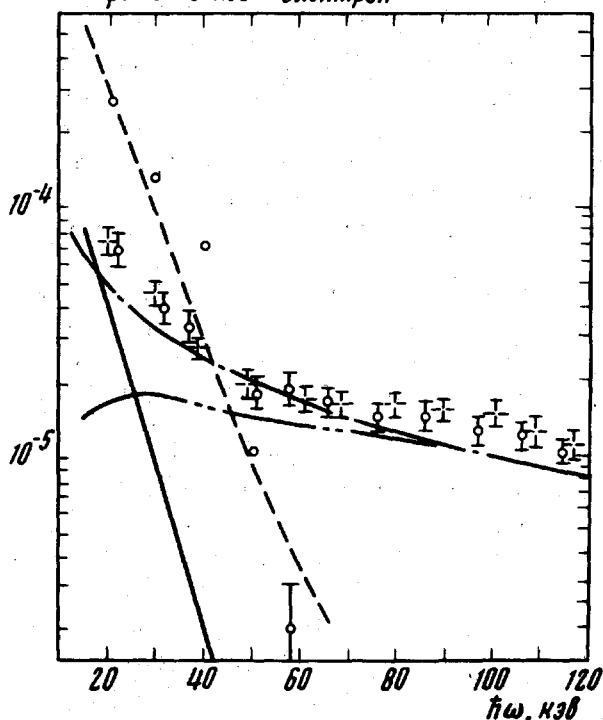


Рис. 2

На том же рисунке квадратиками проведены результаты измерения [12] и результаты вычисления по теории переходного излучения (сплошная линия) и резонансного излучения с учетом многократного рассеяния (пунктирная кривая). Все эти теоретические кривые взяты из работ [1, 2]. Мы видим, что ожидаемые значения по теории переходного излучения находятся значительно ниже, чем наши экспериментальные точки, и вклад ожидаемого переходного излучения при наблюдаемом уровне фона находится в пределах экспериментальных ошибок. Однако ожидаемое значение интенсивности излучения по теории с учетом многократного рассеяния в три раза превышает фон и мы должны были наблюдать превышение. Штрихпунктирная кривая представляет ожидаемый фон тормозного излучения, вычисленный по формуле Бете – Гайтлера, а кривая, обозначенная штрихом с двумя пунктирами – результаты вычисления тормозного излучения с учетом эффекта плотности [12].

Мы видим, что наши результаты находятся в лучшем согласии с теорией Бете— Гайтлера, чем с теорией, учитывающей эффект плотности.

Причина такого расхождения с теорией тормозного излучения с учетом эффекта плотности нам не понятна; по-видимому ожидаемое подавление мягких фотонов имеет место при более низких энергиях фотонов, чем критическая частота.

Таким образом, эти экспериментальные результаты показывают, что усиление переходного излучения из-за влияния многократного рассеяния не наблюдается.

Причину разногласия между результатами нашего эксперимента и работ [1, 2] можно объяснить следующим обстоятельством.

В работе [1,2] экспериментальная установка не позволяла производить отбор тех электронов, которые, проходя через радиатор, не теряли на радиационные процессы большую энергию и проходили через всю установку, не касаясь металлических узлов. Средние потери энергии на радиационные процессы в этих работах при радиаторах, соответствующих результатам, приведенным на рис. 2, составляют ~ 10 Мэв. Таким образом, не только первичный электрон, но и вторичные продукты, образованные в радиаторе, соприкасаясь с металлическими узлами установки, расположенными после радиатора, образуют большое фоновое излучение.

В нашем эксперименте, во-первых, потери энергии на радиационные процессы составляют ~ 15 Мэв, а во-вторых, благодаря регистрации электрона в маленьком угловом интервале после прохождения всей установки, мы практически исключили фоновое излучение, имеющее вышеописанную природу.

Отсутствие контроля за прохождением электрона через радиатор и всю установку, очевидно, приводит к увеличению фона, который может зависеть от геометрии радиатора и, таким образом, имитировать эффект.

Авторы благодарят А.Ц. Амадуни за обсуждение результатов.

Поступила в редакцию
21 мая 1973 г.

Литература

- [1] А.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, А.Г.Эганесян, А.А.Франгян. Письма в ЖЭТФ, 277, 1966.
- [2] А.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, А.Г.Оганесян, А.А.Франгян. ЖЭТФ, 52, 1121, 1967.
- [3] C.L.Luke, C.L.Yuan. Wang and S. Prunster Phys. Rev. Lett. 23, 498, 1969.
- [4] К.М.Авакян, А.И.Алиханян, Г.М.Гарибян, М.П.Лорикян, К.К.Шихляров. Доклад на сессии АН СССР, Таллин, январь 1970 г. Изв. АН Арм. ССР, Физика, 5, 267, 1970.
- [5] А.И.Алиханян, Г.М.Гарибян, М.П.Лорикян, К.К.Шихляров. Доклад на межд. конф. по аппаратуре в физике высоких энергий. Дубна, 1970 г.

- [6] C.L.Luke, C.L.Yuan, H.Wang. Uto and S.Prunster Phys. Rev. Lett., 318, 603, 1970. Phys. Rev. Lett., 25, 1513, 1970. '
- [7] А.Р.Арутюнян, А.А.Назарян, Г.Б.Торгомян, А.А.Франгян. Доклад на международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий. Дубна 1970 г.
- [8] А.И.Алиханян, Э.С.Беляков, Г.М.Гарибян, М.П.Лорикян, К.М.Маркарян, К.К.Шихляров. Письма в ЖЭТФ, 16, 315, 1972.
- [9] В.Н.Николаенко, С.А.Славатинский, В.С.Чирочкин, С.Б.Шаулов. Письма в ЖЭТФ, 16, 610, 1972. '
- [10] Г.М. Гарибян. ЖЭТФ, 37, 527, 1959.
- [11] Тер-Микаелян. Письма в ЖЭТФ, 8, 100, 1968.
- [12] Тер-Микаелян. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1969г. стр.178.
-