

ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ С  $\bar{E} = 2,4$  Гэв

Я.Бем, В.Г.Гришин, В.Д.Рябцов

I. Тормозное излучение электронов с  $E_1 \leq 100$  Мэв изучалось во многих экспериментах. Подробный анализ результатов этих опытов и сравнение их с теорией проведены в работе [1]. При более высоких  $E_1$

энергиях имеются данные для  $E = 500, 550, 247$  и  $1000$  Мэв [2-6]. Детальное изучение тормозного спектра электронов с  $E = 600$  Мэв было проведено с помощью пузырьковой пропановой камеры [7]. Преимуществом этой методики является возможность наблюдения каждого случая тормозного излучения и точная локализация области взаимодействия ( $\Delta \approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot L_{\text{рад}}$ ,  $L_{\text{рад}}$  – радиационная длина для пропана).

В настоящее время нет опытных данных по этому вопросу для  $E > 1000$  Мэв. В связи с этим представляет интерес дальнейшее изучение тормозного излучения электронов больших энергий.

2. Тормозное излучение электронов с  $\bar{E} = 2,4$  Гэв изучалось с помощью 24-литровой пропановой камеры ЛВЭ ОИЯИ, помещенной в магнитное поле  $13,7$  кгс. Камера была облучена пучком  $\pi^-, \mu^-$  – мезонов и электронов с  $p_c = 4,00 \pm 0,06$  Гэв [8]. Содержание электронов в первичном пучке было определено в экспериментах [9, 10] и оказалось равным  $(2,0 \pm 0,6)\%$ .

Характерным признаком для обнаружения процесса типа

$$e^- + \gamma \rightarrow e^- + \gamma + \gamma, \quad (I)$$

когда  $E_\gamma \approx E$ , является резкое уменьшение кривизны трека на стереоснимке без видимого излома. Область взаимодействия была определена с точностью лучшей, чем  $5 \cdot 10^{-3} L_{\text{рад}}$  для  $U = E_\gamma/E \gtrsim 0,75$ .

Отбирались события в эффективной области камеры, удовлетворяющие следующим требованиям: 1) взаимодействие вызвано первичной частицей; 2) энергия частицы до взаимодействия  $-E_1 \geq 1400$  Мэв; 3) энергия частицы после взаимодействия  $-E_2 \leq 500$  Мэв. Всего было просмотрено 67 тысяч кадров и найдено 179 событий. Эффективность однократного просмотра была определена из двухкратного просмотра 16 тысяч кадров и оказалась равной

$$\Sigma = (93 \pm 3,5)\%.$$

Методика измерения энергий электронов в пропановой камере с учетом ионизационных и радиационных потерь описана в работе Гришина и др. [11]. Ошибки в определении энергии электронов составляют  $\approx 20\%$ .

Из 179 вторичных частиц II2 были идентифицированы как электроны с помощью соотношения импульс-пробег,  $\delta$  - электронов и радиационных потерь. Анализ возможных фоновых событий показал, что их вклад не превышает (1 + 3)%.

3. Распределение найденных событий по  $E_1$  приведено на рис. I<sup>1)</sup>.

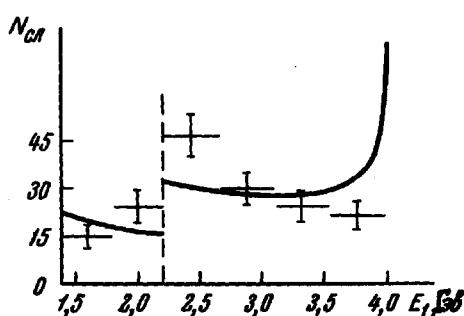


Рис. 1

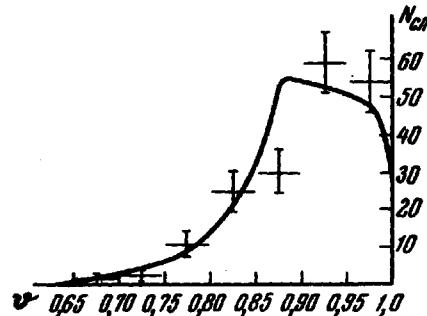


Рис. 2

Теоретические кривые рассчитаны по формуле:

$$\frac{dN}{dE_1} = N_0 n \ell \bar{\omega}(E_0, t, E_1) \sigma(E_1). \quad (2)$$

Здесь  $N_0$  - число электронов, падающих на камеру,  $n$  - число молекул пропана в 1 см<sup>3</sup>;  $\ell$  - длина эффективной области в см;

$\omega(E_0, t, E_1)$  - плотность вероятности распределения электронов ( $E_0$ ) по  $E_1$  после прохождения вещества толщиной  $t$ , усредненная по эффективной области, и

$$\sigma(E_1) = \int_{E_1 - m_e c^2}^{E_1 - m_e c^2} \sigma(E_1, E_\gamma) dE_\gamma, \quad (3)$$

где  $\sigma(E_1, E_\gamma)$  - сечение тормозного излучения электронов с энергией  $E_1$  в пропане [1] <sup>2)</sup>. Теоретические кривые на рис. I нормированы на полную площадь под гистограммой. Как видно из рисунка, в рамках статистических ошибок имеется согласие между теоретическими расчетами и экспериментальными результатами.

Полное число событий, полученное интегрированием уравнения (2), оказалось равным  $288 \pm 72$ , в то время как в эксперименте было 108

найдено  $192 \pm 14$  случаев с учетом эффективности регистрации. Большая ошибка в определении полного числа событий по формуле (2) связана с неточностью в определении  $N_0$  ( $\pm 30\%$ ).

Распределение найденных событий по величине  $\mathcal{U} = E_\delta/E_1$  приведено на рис. 2. Сплошная кривая получена усреднением по теоретическому спектру  $dN/dE_1$ . Как видно из рис. 2, имеется удовлетворительное согласие теоретических и экспериментальных результатов.

Таким образом, теоретические расчеты в рамках  $\pm (15 \pm 20)\%$  согласуются с экспериментальными результатами. Для дальнейшего повышения точности эксперимента до  $\pm (3 \pm 5)\%$  необходимо использовать чистые пучки электронов от протонных или электронов электронных ускорителей.

Мы благодарны Э.П. Кистеневу, М.И.Подгорецкому, В.Н.Стрельцову, лаборантам измерительной и просмотровой группы ЛВЭ ОИЯИ за полезные обсуждения и помошь в работе.

Объединенный институт  
ядерных исследований

Поступило в редакцию  
19 мая 1966 г.

#### Литература

- [1] H.W. Koch, J.W. Motz. Revs. Mod. Phys., 31, 920, 1959.
- [2] D.C. Hagerman, K.M. Crowe. Phys. Rev., 100, 869, 1955.
- [3] D.Bernstein, W.K.H.Panofsky. Phys. Rev., 102, 522, 1956.
- [4] K.L. Brown. Phys. Rev., 103, 243, 1956.
- [5] P.C. Fisher. Phys. Rev., 92, 420, 1953.
- [6] G.Diambrini, A.S. Figuera, B. Rispoli, A. Serra. Nuovo Cim., 19, 250, 1961.
- [7] E.Malamud, R.Weill. Nuovo Cim., 30, III, 1287, 1964.
- [8] Ким Хи Ин, А.А.Кузнецов, В.В.Миллер. Препринт ОИЯИ, 2092, 1965.
- [9] В.Г.Гришин, Э.П. Кистенев, Му Цзюнь. Ядерная физика, 2, 886, 1965.
- [10] В.С.Пантуев. Препринт ОИЯИ, 2100, 1965.
- [11] В.Г.Гришин, Э.П.Кистенев, Л.И.Лепилова, В.И.Мороз, Му Цзюнь. Препринт ОИЯИ, Р-2277, 1965.

- [12] В. Гайтлер. Квантовая теория излучения. Гостехтеориздат, М., 1956.
- [13] J.A. Wheeler, W.E. Lamb. Phys. Rev., 55, 858, 1939; 101, 1836, 1956.

1) Для событий с  $1,4 \leq E_1 \leq 2,2$  ГэВ длина эффективной области камеры составляла  $\ell = 10$  см; для случаев с  $E_1 \geq 2,2$  ГэВ  $\ell = 20$  см.

2) Тормозное излучение электронов в поле атомных электронов было рассчитано по теории Уиллера и Лэмба [13].