

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕКТОРА ЧАСТИЦ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕНТГЕНОВСКОГО ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.И. Алхазани, К.А. Испири, А.Г. Оганесян,  
А.Г. Таманян

В работе [1] было показано, что интенсивность переходного излучения частиц высоких энергий направлена в основном вперед и сосредоточена в рентгеновской области частот. При этом, если регистрировать излучение в определенном интервале частот, интенсивность излучения имеет сильную зависимость от энергии частиц.

В работе [2] было показано, что если к тому же регистрировать излучение и в определенном угловом интервале  $\theta + \theta$ , зависимость от энергии частиц становится еще более резкой.

Действительно, можно показать, что если  $\sigma/\omega^2 \ll (mc^2/E)^2$  и  $\theta^2 \ll \ll (mc^2/E)^2$ , то интенсивность излучения

$$\frac{dW}{d\omega} \approx \frac{e^2}{2\pi c} \frac{\sigma_2}{\omega^4} \theta^4 (E/mc^2)^8,$$

где  $\sigma$  — квадрат плазменной частоты.

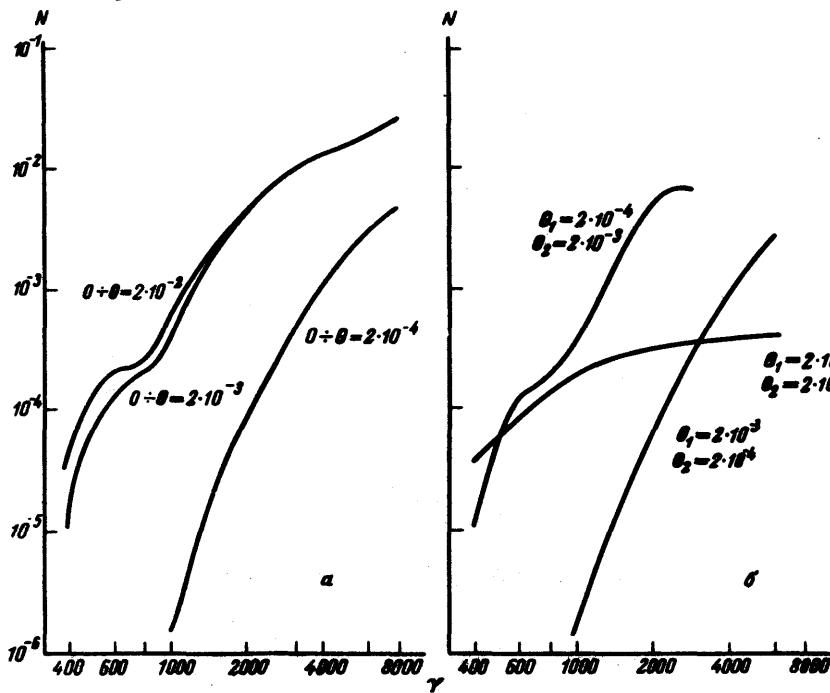


Рис. 1

Для иллюстрации на рис. 1, а приведены кривые зависимости числа фотонов переходного излучения в области энергий  $\hbar\omega = 10 + 100$  кэв от  $\gamma = E/mc^2$  в различных интервалах углов  $\theta - \theta$ . (Кривые вычислены для пластин из полиэ-

тилена с толщиной  $a = 4 \cdot 10^{-3}$  см,  $n\sqrt{\sigma} = 19$  эв по формуле для переходного излучения в пластине [3]). Из рисунка видно, что в области  $(mc^2/E)^2 \ll \theta^2$  зависимость числа фотонов от  $\gamma$  имеет вид  $\sim \gamma^8$  и с увеличением  $\gamma$  эта зависимость постепенно ослабевает.

С экспериментальной точки зрения регистрация излучения в интервале углов  $\theta - \theta$  связана с необходимостью отделения частицы от вызванного ею излучения способами, примененными в [4-7]. В настоящей работе проблема отделения частицы от излучения решена путем использования детектора  $\gamma$ -квантов тороидальной формы, через центральное отверстие которого проходят заряженные частицы. Очевидно, что в этом случае часть излучения, проходящая вместе с частицей через отверстие, не регистрируется. На рис. 1, б приведены кривые зависимости числа фотонов от  $\gamma$  в интервале углов  $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ , где  $\theta_1$  и  $\theta_2$  — соответственно максимальные и минимальные углы, охватываемые детектором  $\gamma$ -квантов. Из рисунка видно, что оптимальным является интервал углов  $\theta_1 \ll 1/\gamma \ll \theta_2$ .

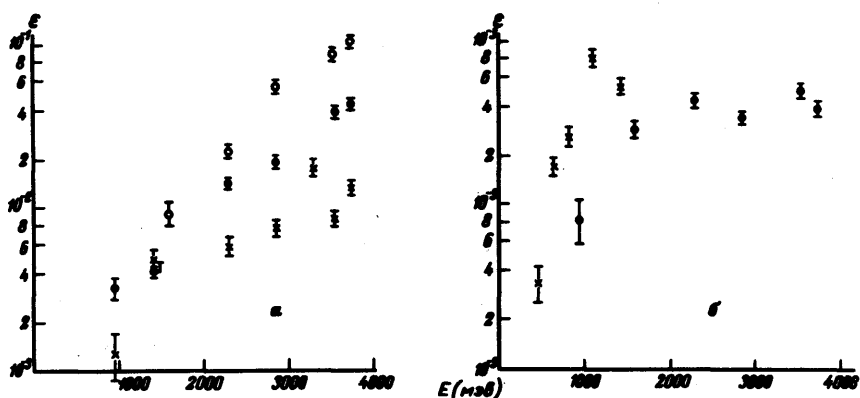


Рис. 2

Детектор частиц высоких энергий, основанный на этом принципе, был исследован при помощи электронов с энергиями 0,4 – 4,0 Гэв на Ереванском синхротроне. Электроны, образующие излучение в слоистой среде, пройдя через отверстие в тороидальном кристаллическом сцинтилляторе Cs J (Tl)  $\gamma$ -спектрометра, регистрировались телескопом сцинтилляционных счетчиков. Внутренний и внешний диаметры кристалла Cs J (Tl) составляли соответственно 0,8 и 7,6 см. Частотный интервал регистрируемых  $\gamma$ -квантов задавался посредством дифференциального амплитудного дискриминатора. Для уменьшения фона и потерь  $\gamma$ -квантов из-за поглощения были использованы гелиевые мешки. Юстировка установки производилась с помощью лазера. Углы  $\theta_1$  и  $\theta_2$  задавались расстоянием между слоистой средой и кристаллом Cs J (Tl). Поскольку электроны в слоистой среде кроме переходного излучения образуют также тормозное излучение, для учета последнего измерения проводились и в эквивалентных сплошных средах.

На рис. 2, а приведены экспериментально определенные эффективности регистрации электронов  $\epsilon$  от их энергии при различных угловых интервалах  $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ . В этих измерениях слоистая среда представляла собой  $n = 380$  пластин полиэтилена толщиной  $a = 4 \cdot 10^{-3}$  см, расположенных на расстоянии  $b = 0,5$  см друг

от друга. Аналогичные зависимости, приведенные на рис. 2, б, получены при использовании слоистых сред с  $a = 10^{-3}$  см;  $b = 0,5$  см;  $n = 380$  и  $a = 10^{-3}$  см;  $b = 0,12$  см;  $n = 930$ . (На рис. 2, а приняты обозначения:  $\times - \theta_1 = 7,3 \cdot 10^{-4}$ ,  $\theta_2 = 6,7 \cdot 10^{-3}$ ;  $\bullet - \theta_1 = 3,5 \cdot 10^{-4}$ ,  $\theta_2 = 3,3 \cdot 10^{-3}$ ;  $\circ - \theta_1 = 2,6 \cdot 10^{-4}$ ,  $\theta_2 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ ; а на рис. 2, б —  $\bullet - \theta_1 = 2,6 \cdot 10^{-4}$ ,  $\theta_2 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ ,  $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}$  см,  $b = 5 \cdot 10^{-1}$  см,  $n = 380$ ;  $\times - \theta_1 = 2,6 \cdot 10^{-4}$ ,  $\theta_2 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ ,  $a = 10^{-3}$  см,  $b = 1,25 \cdot 10^{-1}$  см,  $n = 930$ ).

Во всех случаях излучение регистрировалось в области частот  $\hbar\omega \geq 15$  кэв. Отметим, что эффективность регистрации электронов в случае слоистой среды с числом слоев  $n = 930$  в 2 + 3 раза выше, чем в случае слоистой среды с  $n = 380$  за счет увеличения числа слоев и уменьшения толщины пластин (т. е. уменьшения поглощения).

Как следует из этих предварительных результатов в соответствии с ожидаемым эффективностью регистрации электронов имеет резкую зависимость от энергии. При исследуемых интервалах углов и значениях энергий эффективность достигает  $\epsilon \approx 0,1$ .

Учитывая, что спектр переходного излучения резко падает с увеличением  $\hbar\omega$ , то очевидно, что использование детекторов  $\gamma$ -квантов, способных регистрировать  $\gamma$ -кванты с энергиями меньшими, чем это имело место в нашем случае, позволит регистрировать частицы высоких энергий с  $\epsilon \approx 1,0$  при соответствующем подборе значений  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  и числа слоев. Поскольку интенсивность переходного излучения зависит от  $\gamma$ , то очевидно также, что такой детектор может быть использован для идентификации частиц с различными массами с высокой разрешающей способностью в области импульсов  $\geq 100$  Гэв/с, что довольно сложно осуществить посредством черенковских счетчиков.

В заключение авторы выражают благодарность профессору Г.М.Гарибяну за неоднократные полезные обсуждения.

Поступила в редакцию  
3 марта 1970 г.

### Литература

- [1] Г.М.Гарибян. ЖЭТФ, 37, 527, 1959.
- [2] A.I.Alikhanyan, G.M.Garibian, K.A.Ispirian, A.G.Oganesian. Experimental Investigation of Transition Radiation and its Possible Use for the Measurement of the Energy of High Energy Particles, препринт ЕФИ, 1969.
- [4] Г.М.Гарибян, Г.А.Чаликян. ЖЭТФ, 39, 1011, 1960.
- [4] А.И.Алиханян, Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, М.Л.Тер-Микаэлян. ЖЭТФ, 41, 2002, 1961.
- [5] Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, А.Г.Оганесян, ЯФ, 1, 842, 1965.
- [6] Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, А.Г.Оганесян, А.А.Франгян, ЖЭТФ, 52, 1121, 1967.
- [7] L.C.L.Yuan et al. Phys. Rev. Lett., 23, 496, 1969.