

РЕЗОНАНСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 600 МЭВ В СЛОИСТОЙ СРЕДЕ

Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испириян, А.Г.Оганесян, А.А.Франгли

Теория излучения, возникающего при прохождении релятивистской заряженной частицы через периодическую слоистую среду (резонансное излучение), была развита в работах Тер-Микаеляна [1,2]. Возможности применения резонансного излучения в целях детектирования частиц высоких энергий проанализированы в работе Алиханяна и др. [3]. Экспериментально это излучение было обнаружено нами при прохождении μ -мезонов сверхвысоких энергий через слоистую среду [4-6].

В настоящей работе приводятся результаты эксперимента по исследованию характеристик излучения, возникающего в различных слоистых средах при прохождении через них электронов высоких энергий.

Эксперимент был выполнен на электронном синхротроне ФИАН СССР с максимальной энергией 680 Мэв. Число электронов в импульсе пучка, расстянутом до 0,5 сек, составляло $\sim 10^2 + 10^4$ в зависимости от энергии электронов, которая варьировалась от 250 до 600 Мэв и $\Delta E/E \leq 5\%$.

Были использованы различные слоистые среды. Каждая слоистая среда состояла из n листов бумаги определенной толщины ℓ_1 , расположенных в воздухе на одинаковом расстоянии $\alpha \ell_1$ друг от друга. При $\ell_1 = 2,43 \cdot 10^{-2}$ см α варьировалось от 3 до 19,8, а n - от 10 до 300; при $\ell_1 = 9,3 \cdot 10^{-3}$ см $\alpha = 5,84 + 28,9$, $n = 130 + 780$ и при $\ell_1 = 2,83 \cdot 10^{-3}$ см $\alpha = 18,8$, $n = 1050$.

Электроны регистрировались сцинтиляционным телескопом, состоящим из двух пластических сцинтиляторов, каждый размерами $7 \times 3 \times 0,5$ см, расположенных по обе стороны слоистой среды. Далее, электроны отклонялись магнитным полем для исключения их попадания в сцинтиляционный ($\text{NaJ}(\text{Ti})$, $\phi 7$ см, $h = 7$ см) γ -спектрометр, регистрирующий γ -кванты, образованные электроном в слоистой среде.

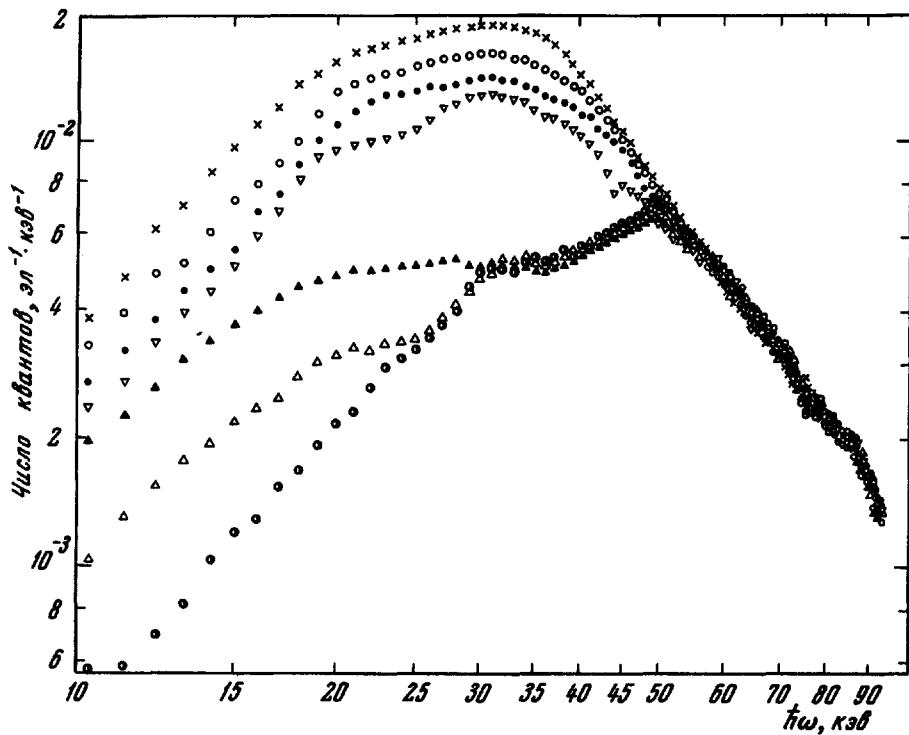


Рис. I. Дифференциальный спектр излучения электронов различных энергий в слоистой и сплошной средах, $n = 300$, $\alpha = 8,85$, $\ell_1 = 2,43 \cdot 10^{-2}$ см; $x - 600$, $\circ - 550$, $\bullet - 500$, $\nabla - 450$, $\blacktriangle - 300$, $\Delta - 250$ Мэв; \circ — тормозн. спектр (сплошная среда)

Спектр излучения до 100 кэв наблюдался с помощью амплитудного анализатора АИ-100, управляемого сигналом совпадения импульсов от телескопа и γ -спектрометра. Общая протяженность установки составляла 6,45 м.

Измерения проводились также для сплошной среды, представляющей собой ту же слоистую среду, скатую до $\alpha = 0$. При этом измеряется та часть излучения в слоистой среде, которая обусловлена тормозным излу-

чением электрона в самой слоистой среде, в остальном веществе на пути электрона (сцинтиляторы и т.п.), а также вторичными эффектами (δ - электроны и т.д.).

На рис. I приводятся экспериментально измеренные спектры излучения для различных энергий электронов в одной из слоистых сред, состоящей из 300 слоев. Там же приводится спектр излучения в сплошной сре-

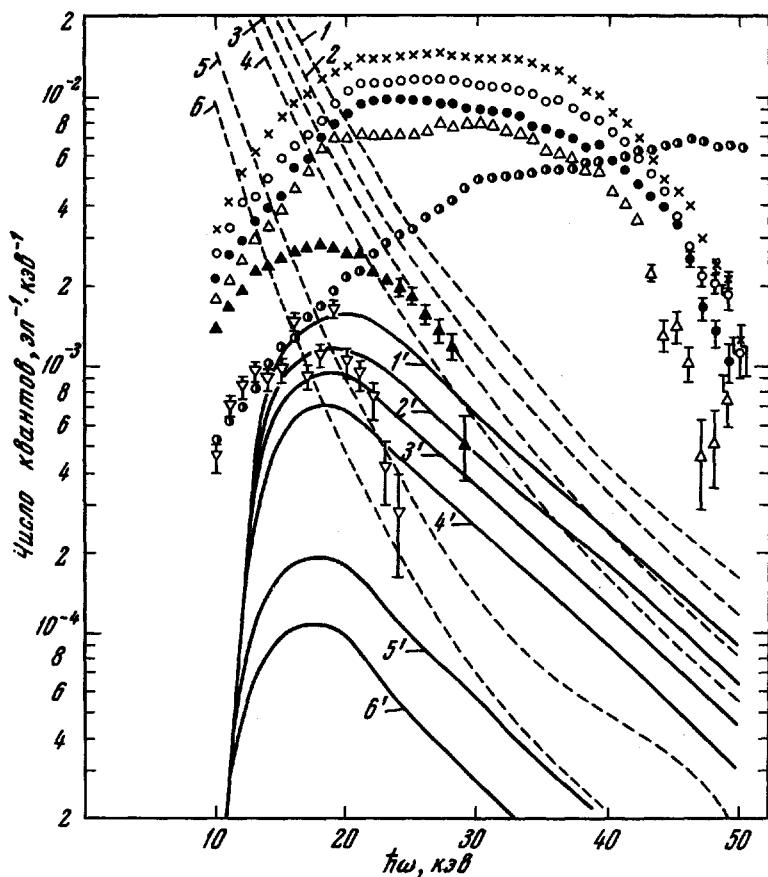


Рис. 2. Дифференциальный спектр резонансного излучения, $n = 300$. Сплошные кривые - теория резонансного излучения с учетом поглощения, пунктирные - без учета поглощения. I и I' - $E = 600$, 2 и 2' - $E = 550$, 3 и 3' - $E = 500$, 4 и 4' - $E = 450$, 5 и 5' - $E = 300$, 6 и 6' - $E = 250$ Мэв; $\omega_0 = 8,85$, $\ell_4 = 2,43 \cdot 10^{-2}$ см; $x - 600$, $o - 550$, $\bullet - 500$, $\Delta - 450$, $\blacktriangle - 300$, $\nabla - 250$ Мэв; \bullet - тормозн.спектр (эксп.)

де; измерения при 600 и 250 Мэв показали, что последний не зависит от энергии электронов.

Экспериментальные данные показывают, что для сравнительно малых энергий γ -квантов интенсивность излучения в слоистой среде в большой степени зависит от энергии электрона и во много раз превышает интенсивность излучения в сплошной среде. С увеличением энергии γ -квантов спектр излучения в слоистой среде постепенно переходит в спектр для сплошной среды, который не зависит от α, ℓ_1, E при одном и том же количестве вещества.

Разность интенсивностей излучения в слоистой и сплошной средах сравнивается с теорией резонансного излучения с учетом поглощения γ -квантов на всем пути их движения (рис. 2). Как видно, экспериментальные данные во много раз превышают соответствующую теорию также без учета поглощения γ -квантов. Такое превышение эксперимента над теорией наблюдается для всех исследованных слоистых сред с различными α, ℓ_1 и n .

Нам кажется, что наблюдаемое превышение эксперимента над теорией обусловлено существенным рассеянием электронов в самой слоистой среде. В теории резонансного излучения, с которой сравнивается эксперимент, предполагается, что угол многократного рассеяния $\theta_{\text{рас}}$ на расстоянии порядка длины периода значительно меньше, чем характерный угол излучения $\theta_{\text{изл}}$ [2], т.е.

$$\frac{E_g^2}{E^2} \frac{\ell_1}{L} \ll \frac{8\pi^2 \gamma c}{\ell_1 (1+\alpha) \omega}, \quad (I)$$

где L - радиационная длина бумаги (см), $E_g = 21,2$ Мэв, γ - порядок излучения.

В настоящем эксперименте условие (I) не выполняется, ухудшаясь с увеличением α . Например, для $\ell_1 = 2,43 \cdot 10^{-2}$ см, $\hbar\omega = 20$ кэв и $E = 600$ Мэв $\langle \theta_{\text{рас}}^2 \rangle / \theta_{\text{изл}}^2 = 1,0$ и $7,0$ при $\alpha = 3$ и $= 6,59$ соответственно.

На рис. 3 приводится зависимость отношения экспериментально наблюдаемого выхода излучения к теории (η) при $E = 600$ Мэв для различных α и ℓ_1 от величины $\ell_1^2 (1 + \alpha)$, которая пропорциональна $\langle \theta_{\text{рас}}^2 \rangle / \theta_{\text{изл}}^2$. Данные показывают, что с увеличением степени нарушения

шения условия (I) значение η увеличивается, тогда как $\eta \rightarrow 1$ при $\langle \theta_{\text{рас}}^2 \rangle / \theta_{\text{изл}}^2 \rightarrow 0$.

Известно, что влияние многократного рассеяния в переходном излучении должно приводить к появлению в его спектре фотонов относительно высоких энергий, которые отсутствуют, когда рассеяние не учитывается [7]. По-видимому, аналогичное явление имеет место в резонансном излучении, которое не учтено в теории.

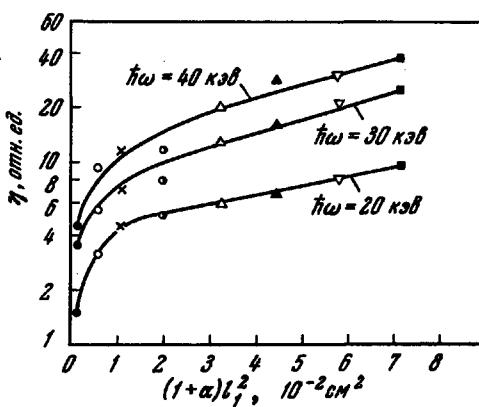


Рис. 3. Зависимость отношения (η) экспериментально наблюдаемой интенсивности излучения к теории резонансного излучения с учетом поглощения от $(1+\alpha)l_1^2$

- - $l_1 = 2,83 \cdot 10^{-3} \text{ см}, \alpha = 18,8;$
- - $l_1 = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ см}, \alpha = 5,84;$
- × - $l_1 = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ см}, \alpha = 11,6; \bullet - l_1 = 2,43 \cdot 10^{-2} \text{ см}, \alpha = 3,0; \Delta - l_1 = 2,43 \cdot 10^{-2} \text{ см}, \alpha = 4,54; \blacktriangle - l_1 = 2,43 \cdot 10^{-2} \text{ см}, \alpha = 6,59; \nabla - l_1 = 2,43 \cdot 10^{-2} \text{ см}, \alpha = 8,85; \blacksquare - l_1 = 2,43 \cdot 10^{-2} \text{ см}, \alpha = 11,1$

Отсутствие теории резонансного излучения с учетом влияния многократного рассеяния, а также интерференции резонансного и тормозного излучений, не позволяет сделать соответствующее сравнение эксперимента с теорией.

Таким образом, экспериментально наблюдено излучение электронов в слоистой среде, интенсивность которого в рентгеновской области частот во много раз превышает интенсивность тормозного излучения и силь-

ио зависит от энергии частицы (E^n , где $n \geq 2$), что может быть использовано для измерения ее энергии.

Авторы выражают благодарность проф. В.А.Петухову и коллективу лаборатории электронов высоких энергий ФИАН СССР за предоставление возможности выполнения настоящего эксперимента, а также проф. М.Л.Тер-Микаеляну за дискуссию.

Объединенная радиационная

лаборатория АН АРМ ССР
и ЕГУ

Физический институт

Ереван

Поступило в редакцию

14 июля 1966 г.

Литература

- [1] М.Л.Тер-Микаелян, А.Д.Газазян. ЖЭТФ, 39, I693, 1960.
- [2] М.Л.Тер-Микаелян. Изв. АН Арм. ССР, серия физ.-мат., 14, IO3, 1961.
- [3] А.И.Алиханян, Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, М.Л.Тер-Микаелян. ЖЭТФ, 41, 2002, 1961.
- [4] Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, А.Г.Оганесян. Изв. АН СССР, серия физ., 28, I864, 1964.
- [5] Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, А.Г.Оганесян. XII Междунар. конф. по физике высоких энергий, Лубна, 1964 г. 1966, стр. 933.
- [6] Ф.Р.Арутюнян, К.А.Испирян, А.Г.Оганесян. Ядерная физика, I, 842, 1965.
- [7] В.Е.Пафомов. ЖЭТФ, 47, 530, 1964.

О СЛЕДСТВИЯХ ПЕРЕКРЕСТНОЙ СИММЕТРИИ для S -волн πN -РАССЕЯНИЯ

В.А.Мешеряков

В последнее время вопросы симметрии и инвариантности приобрели особо большое значение при изучении элементарных частиц. В связи с этим Вигнер предложил общую классификацию свойств инвариантности [1],
282