

УДК 530.145

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ГАММА КВАНТОВ  
С ЭНЕРГИЯМИ  $\geq 100$  ГэВ

К. А. ИСПИРЯН, М. К. ИСПИРЯН, И. А. ТРОШЕНКОВА

Ереванский физический институт

(Поступила в редакцию 9 сентября 1990 г.)

Предлагается и анализируется метод определения степени поляризации  $\gamma$ -квантов с помощью лазерных пучков, используя выражения для сечения процесса  $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$  при различных взаимных поляризациях фотонов.

1. Перспективным методом получения поляризованных фотонов с энергиями  $\geq 100$  ГэВ является излучение каналированных частиц в кристаллах, спектральное распределение которого экспериментально исследовано [1]. К настоящему времени нет теоретических и экспериментальных данных о поляризации этого излучения при таких энергиях. Тем не менее легко показать, что в ряде случаев оно имеет высокую степень поляризации  $P$  (хотя и не достигает 100%, как многие ожидают) и может найти широкое применение в физике элементарных частиц. В самом деле, в случае плоскостного каналирования, когда применимо «приближение постоянного поля» [2], основным механизмом излучения является синхротронное излучение, имеющее большое значение  $P$  во всей области частот. Поскольку при энергиях  $\geq 100$  ГэВ распространенные методы [3—5] измерения  $P$  не применимы, в настоящей работе мы предложим и обсудим новый метод экспериментального определения  $P$ .

2. Поляризационные эффекты в реакции  $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$  и возможности ее экспериментального наблюдения впервые исследованы в работе [6]. Там же показано, что поляризационные эффекты можно изучать при лобовом столкновении поляризованных  $\gamma$ -квантов и интенсивных пучков лазерных фотонов с энергиями  $\omega_1 \simeq 100$  ГэВ и  $\omega_2 \simeq (1-4)$  эВ, соответственно ( $\hbar = c = 1$ ). Напомним, что порог реакции  $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$  при  $\omega_2 = 1,78$  эВ составляет  $\omega_{\text{пор}} = 147$  ГэВ. Теперь же предлагается измерить числа образованных  $e^+e^-$ -пар,  $N_+$  и  $N_-$ , когда сталкивающиеся фотоны имеют взаимно параллельную (одинаковую циркулярную) и перпендикулярную линейную (противоположную циркулярную) поляризацию.

Следуя [5], линейную  $P_L$  и циркулярную  $P_C$  поляризацию можно записать в виде:

$$P_{(\pm)} = \left( N_{(\pm)} - N_{(\mp)} \right) / R_{(\pm)} \left( N_{(+)} + N_{(-)} \right),$$

$$R_{(\pm)} = \left( \sigma_{(\pm)} - \sigma_{(\pm)} \right) / \left( \sigma_{(\pm)} + \sigma_{(\pm)} \right),$$

где  $\sigma_{+}$  и  $\sigma_{-}$  — соответствующие теоретически вычисленные интегральные сечения процесса,

Из формулы (II) работы [6], не интересуясь поляризацией электронов, получим

$$\sigma_{(\pm)} = \frac{\pi r_0^2}{4\eta} \left[ \pm \left( \frac{2\beta}{\eta} + \frac{1}{\eta^2} \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} \right) - 4\beta \frac{1+\eta}{\eta} + \frac{2\eta^2 + 2\eta - 1}{\eta^2} \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} \right], \quad (1)$$

$$\sigma_{(\pm)} = \frac{\pi r_0^2}{4\eta} \left[ \pm \left( 3\beta - \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} \right) - 4\beta \frac{1+\eta}{\eta} + 2 \frac{2\eta^2 + 2\eta - 1}{\eta^2} \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} \right], \quad (2)$$

где  $\eta = \omega_1 \omega_2 / m_e^2$ ,  $\beta = (1 - 1/\eta)^{1/2}$  и  $r_0 = e^2 / m_e$ .

Вычисленные с помощью (1) и (2) зависимости  $R_{(\pm)}$  от  $\eta$  показаны на рисунке. Поскольку в эксперименте могут быть зарегистрированы  $e^+e^-$ -пары не всех энергий, а скажем, позитроны с определенной энергией  $\varepsilon_+$  или  $y = \varepsilon_+ / (\omega_1 + \omega_2) \simeq \varepsilon_+ / \omega_1$ , то представляют интерес дифференциальные сечения  $d\sigma/dy$  и  $dR/dy$ . Из формулы (7) работы (6), интегрируя по  $\varphi$ , получим

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{dy} = \frac{\pi r_0^2}{4\eta} \left\{ 2 \left[ 1 + \frac{y}{1-y} + \frac{1-y}{y} - \left( 1 - \frac{1}{2\eta y(1-y)} \right)^2 \right] - \right. \\ \left. - 2 \xi_1^{(2)} \xi_2^{(2)} \left( \frac{y}{1-y} + \frac{1-y}{y} \right) \left( 1 - \frac{1}{2\eta y(1-y)} \right) + \left( \xi_1^{(1)} \xi_1^{(2)} - \xi_3^{(1)} \xi_3^{(2)} \right) \times \right. \\ \left. \times \frac{1}{(2\eta y(1-y))^2} \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\xi_{1,2,3}^{(1,2)}$  — параметры Стокса сталкивающихся фотонов.

Вычисленные с помощью (3) зависимости  $dR_{(\pm)}/dy$  от  $y$  при  $\eta = 1,05; 1,2$  и  $1,5$  показаны на рис. 16.

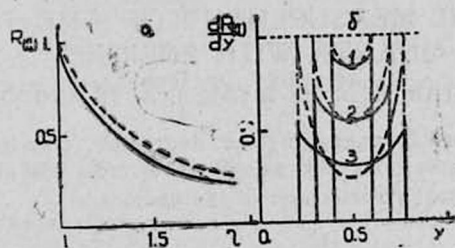


Рис. 1. а) Зависимость  $R_{(\pm)}$  (сплошная кривая) и  $R_{(u)}$  (пунктирная кривая) от  $\eta = \omega_1 \omega_2 / m_e^2$ ; б) зависимость  $dR_{(\pm)}/dy$  (сплошные кривые) и  $dR_{(u)}/dy$  (пунктирные кривые) от  $y = \varepsilon_+ / \omega_1$  при: 1 —  $\eta = 1,05$ ; 2 —  $\eta = 1,2$  и 3 —  $\eta = 1,5$ .

3. В работах [7, 8] предлагается измерять  $P_{(12)}$  с помощью реакции  $\gamma e^- \rightarrow e^+ e^- e^-$  и показано, что  $R = 0,154$  при  $\omega_1 = 100$  ГэВ и  $R = 0,143$  при  $\omega_1 \rightarrow \infty$ .

$P_{(12)}$  при  $\omega_1 \gtrsim 100$  ГэВ можно измерить также, используя свойство двойного лучепреломления кристаллов, т. е. различие сечений образования  $e^+ e^-$ -пар, когда вектор поляризации квантов параллелен и перпендикулярен кристаллической плоскости, а угол влета кванта в кристалл меньше критического угла Линдхарда (см. [9] и ссылки). В этом случае с увеличением  $\omega_1$  значение  $R_{(12)}$  увеличивается и в случае реальных кристаллов при  $\omega_1 \gtrsim 500$  ГэВ достигает величины  $R_{(12)} = 1/3$ .

Предлагаемый (лазерный) метод измерения  $P$  имеет ряд преимуществ: а) фон меньше; б) значение  $R$  больше; в) наряду с  $P_{(12)}$  можно измерить также и  $P_{(11)}$  и недостаток—из-за относительно малой плотности «световой мишени», как показывают оценки, для набора статистики требуются интенсивные лазеры и большое, но разумное время измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Belkacem A. et al. Phys. Lett., 177B, 211 (1986).
2. Kimball J. C., Cue N. Phys. Rep., 125, 69 (1985).
3. Кельнер С. Р. и др., ЯФ, 21, 604 (1975).
4. Cabibbo N. et al. Phys. Rev. Lett., 9, 270 (1962).
5. Barbieri G. et al. Nuovo Cimento, 28, 435 (1963).
6. Испириян К. А. и др. ЯФ, 11, 1278 (1970).
7. Болдышев В. Ф., Пересунько Ю. П. ЯФ, 14, 1027 (1971).
8. Endo I. et al. Nucl. Instr. and Meth., A250, 144 (1989).
9. Испириян К. А. Испириян М. К. Изв. АН Армении, Физика, 21, 247 (1986).

#### 100 ԳԷՎ-ԻՑ ՄԵՄ ԷՆԵՐԳԻԱՑՈՎ ԳԱՄՄԱ ՔՎԱՆՏՆԵՐԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՉԱՓՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐ

Կ. Ա. ԻՍԻՐԻԱՆ, Մ. Կ. ԻՍԻՐԻԱՆ, Ի. Ա. ՏՐՈՇԵՆԿՈՎԱ

Առաջարկվում է լազերային փնտրի օգնությամբ  $\gamma$ -քվանտների բևեռացման աստիճանի որոշման մեթոդ: Օգտագործվում են  $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$  ռեակցիայի կտրվածքի արտահայտությունների ֆորմուլաների փոխադարձորեն տարրեր բևեռացումների դեպքում:

#### METHODS FOR THE MEASUREMENT OF THE POLARIZATION OF GAMMA QUANTA WITH ENERGIES $\gtrsim 100$ GeV

K. A. ISPIRYAN, M. K. ISPIRYAN, I. A. TROSHENKOVA

A method is proposed for measuring the degree of polarization of  $\gamma$ -quanta with the help of laser beams using the expressions for cross sections of the process  $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$  at various mutual polarizations of the photons.