

О РЕЗОНАНСНОМ РАССЕЯНИИ ФОТОНА ФОТОНОМ

В. Н. Ораевский

Произведена оценка эффективного сечения резонансного рассеяния фотона фотоном, связанного с существованием π^0 -мезона, распадающегося на два фотона.

Как известно, вакуум заряженных частиц приводит к существованию нелинейного эффекта — рассеяния фотона фотоном. Мы рассмотрим рассеяние фотона фотоном, связанное с учетом вакуума π^0 -мезонов.

Запишем взаимодействие электромагнитного поля с полем π^0 -мезонов¹⁾

$$L = \eta \Phi \mathbf{E} \mathbf{H} f(q^2), \quad (1)$$

где η — эффективная постоянная связи; Φ , \mathbf{E} , \mathbf{H} — операторы мезонного и электромагнитного полей; q — 4-импульс π^0 -мезона. Взаимодействие (1) отличается от взаимодействия, введенного Далитцем [1], форм-фактором $f(q^2)$, феноменологически учитывающим эффекты «размазывания» π^0 -мезона (причем $f(-m^2) = 1$).

Используя (1), записываем матричный элемент рассеяния фотона фотоном через π^0 -мезон с учетом затухания π^0 -мезона:

$$S = \eta^2 f^2(q^2) (2\pi)^4 (\mathbf{E} \mathbf{H}) \frac{a(q^2)}{q^2 + (m - i\Gamma/2)^2} (\mathbf{E}' \mathbf{H}') \delta(q_1 + q_2 - q'_1 - q'_2), \quad (2)$$

где $a(q^2) / [q^2 + (m - i\Gamma/2)^2]$ — перенормированная функция Грина π^0 -мезона; $\Gamma = t^{-1}$, t — время жизни π^0 -мезона; q_1 , q_2 , \mathbf{E} , \mathbf{H} , q'_1 , q'_2 , \mathbf{E}' , \mathbf{H}' — соответственно 4-импульсы, электрические и магнитные поля сталкивающихся и рассеянных фотонов.

Используя (2) и выражение для времени жизни π^0 -мезона ($t^{-1} = \eta^2 m^3 / 16\pi$), легко получить сечение рассеяния неполяризованных фотонов неполяризованными фотонами (в системе отсчета, в которой $\mathbf{q}_1 + \mathbf{q}_2 = 0$):

$$\sigma = \frac{32\Gamma^2 f^4 (-4\omega^2) a^2 (-4\omega^2)}{(m - 2\omega)^2 + \Gamma^2/4} \left(\frac{\omega}{m}\right)^6 \frac{1}{(m + 2\omega)^2} \int d\Omega, \quad (3)$$

где ω — фотонная частота. Как и следовало ожидать, сечение имеет резонанс в районе $\omega_1 = m/2$.

Из (3) получаем сечение, усредненное по ширине «уровня» (учитывая, что $a(-m^2) \approx f(-m^2) = 1$):

$$\bar{\sigma}_1 = \frac{\pi}{4\omega_1^2} \arctg 2. \quad (4)$$

Подставляя числовое значение резонансной частоты, получаем

$$\bar{\sigma}_1 \approx 0,75 \cdot 10^{-25} \text{ см}^2. \quad (5)$$

Так как «уровень» имеет малую ширину ($\Gamma \approx 5 \text{ eV}$), мы приведем величину сечения, усредненного по большему ($10^2 \Gamma$, т. е. $0,5 \text{ keV}$) интервалу энергий вблизи резонанса:

$$\bar{\sigma}_\nu \approx 1 \cdot 10^{-27} \text{ см}^2. \quad (6)$$

1) Мы используем систему единиц, в которой $\hbar = c = 1$.

Естественно, что экспериментальная проверка данного эффекта затруднительна, хотя полученные значения сечения (5) и (6) значительно превосходят обычно рассматриваемые сечения рассеяния фотона фотоном, связанные с поляризацией вакуума заряженных частиц.

Автор глубоко благодарен Д. В. Волкову за обсуждение результатов работы и советы.

Новосибирский государственный
университет

Поступила в редакцию
11 мая 1960 г.

Литература

- [1] R. H. Dalitz. Proc. Roy. Soc., A64, 667, 1951.

ON RESONANCE PHOTON-PHOTON SCATTERING

V. N. Orayevsky

The effective cross section for photon-photon scattering due to the existence of the meson decaying into two photons is estimated.
