

В. Ф. Горбунов (Йошкар-Ола, МарГУ). **Повышение эффективности регистрации трехквантовой аннигиляции ортопозитрония.**

Метод аннигиляции позитронов стал достаточно распространенным средством изучения электронных и структурных свойств твердых тел. Одним из важнейших механизмов взаимодействия позитронов с твердыми телами является их аннигиляция через образование позитрония — простейшей электродинамической системы позитрон–электрон. В этом случае при изучении свойств в дефектах тел, например, в порах металлов и полупроводников, большие надежды связаны с исследованием трехквантовой аннигиляции ортопозитрония.

Однако экспериментальных работ по исследованию трехквантовых распадов ортопозитрония очень мало, что связано с невысокой интенсивностью трехквантовой аннигиляции и недостаточной статистикой экспериментов. Скорость счета в типовых установках для регистрации трех гамма-квантов с одинаковыми энергиями по 341 кэВ, разлетающихся под углами 120° , составляет всего несколько импульсов в минуту, поэтому для набора нужной статистики требуется много времени.

Данный доклад посвящен исследованию углового распределения аннигиляционных квантов при трехквантовой аннигиляции ортопозитрония с целью повышения эффективности регистрации ортопозитрония.

Энергии разлетающихся квантов и их связи с углами разлета легко устанавливаются из законов сохранения энергии и импульсов системы трех аннигиляционных квантов, возникающих при аннигиляции покоящейся электронно-позитронной пары. В обозначениях, принятых в квантовой электродинамике, эти законы можно записать следующим образом: $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 2m$, $\mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2 + \mathbf{k}_3 = 0$, где $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ — энергии, $\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \mathbf{k}_3$ — импульсы (направления) квантов. Обозначим углы между направлениями разлета квантов θ_{12} , θ_{23} , θ_{31} . Тогда энергии фотонов можно записать в виде

$$\omega_1 = \frac{2m \sin \theta_{12}}{S}, \quad \omega_2 = \frac{2m \sin \theta_{23}}{S}, \quad \omega_3 = \frac{2m \sin \theta_{31}}{S}, \quad S = \sin \theta_{12} + \sin \theta_{23} + \sin \theta_{31}. \quad (1)$$

Определим плотность вероятности углов разлета аннигиляционных квантов в плоскости разлета. В качестве исходного принимаем выражение из [1] для сечения трехквантовой аннигиляции с соответствующими энергиями квантов. Чтобы перейти от сечения к вероятности в единицу времени, находим полную вероятность аннигиляции и плотность вероятности события, в результате которых возникают три фотона с энергиями ω_1 , ω_2 и $2m - \omega_1 - \omega_2$:

$$\rho_{\omega_1, \omega_2} = \frac{1}{\pi^2 - 9} \left[\left(\frac{m - \omega_1}{\omega_2 \omega_3} \right)^2 + \left(\frac{m - \omega_2}{\omega_1 \omega_3} \right)^2 + \left(\frac{m - \omega_3}{\omega_1 \omega_2} \right)^2 \right].$$

Чтобы перейти к распределению по углам, запишем выражения, стоящие в круглых скобках, через углы разлета, используя (1). Окончательно, плотность вероятности

распределения по углам:

$$\rho_{\theta_{12}, \theta_{23}} = \frac{1}{\pi^2 - 9} [(1 + \cos \theta_{12})^2 + (1 + \cos \theta_{23})^2 + (1 + \cos \theta_{31})^2] \frac{\sin \theta_{12} \sin \theta_{23} \sin \theta_{31}}{S^3}.$$

Вычисление плотности вероятности углов разлета квантов и их энергии для различных конфигураций детекторов показывает, что для регистрации максимального счета трехквантовой аннигиляции геометрию установки следует изменить, в отличие от общепринятой. Например, при фиксированном угле между двумя детекторами $\theta_{12} = 120^\circ$, наибольший счет трехквантовых аннигиляций будет осуществляться, если третий детектор будет расположен по отношению к первым двум под углом $\theta_{23} = 80^\circ$, $\theta_{31} = 160^\circ$. Энергии регистрируемых квантов в этом случае, согласно (1), будут равны: $\omega_1 = 459$ кэВ, $\omega_2 = 160$ кэВ, $\omega_3 = 403$ кэВ. Скорость счета возрастает на 55%. Наибольшая эффективность регистрации должна наблюдаться, если детекторы расположены под углами $\theta_{12} = 150^\circ$, $\theta_{23} = 48^\circ$, $\theta_{31} = 162^\circ$. Детекторы должны быть настроены на регистрацию квантов с энергиями $\omega_1 = 489$ кэВ, $\omega_2 = 203,5$ кэВ, $\omega_3 = 329$ кэВ. Скорость счета возрастает примерно в 3 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. М.: Наука, 1974, т. 4.4.1.