

# Рождение частиц в классическом электромагнитном поле

Пётр Сатунин  
e-mail: satunin@ms2.inr.ac.ru

Вакуум в квантовой теории поля — не абсолютная пустота, известная нам из классической физики. В вакууме постоянно рождаются и сразу же исчезают "виртуальные" пары из частицы и её античастицы. Эти частицы есть квантовые флуктуации — их энергия и время удовлетворяют соотношению неопределённостей Гейзенберга  $\Delta E \cdot \Delta t \sim \hbar$ , они являются принципиально ненаблюдаемыми. Однако, при некоторых условиях эти частицы всё же можно наблюдать, добавив некие дополнительные условия в систему — например, наложив достаточно сильное постоянное электрическое поле. Это составляет так называемый эффект Швингера. Вероятность рождения электрон-позитронной пары в электрическом поле в единицу объёма в единицу времени составляет

$$\Gamma = \frac{(eE)^2}{(2\pi)^3} e^{-\pi m^2/(eE)}. \quad (1)$$

Данный процесс можно проинтерпретировать как квантовомеханической туннелирование виртуальных частиц через потенциальный барьер, создаваемый электрическим полем. Кроме того, есть также более согласованные квантовополевые методы, описывающие туннелирование — например, так называемы метод worldline инстантонов [1]. Описание туннелирование сводится к поиску замкнутых решений для частицы во внешнем поле в мнимом времени. Метод легко обобщается на случай непостоянных и неоднородных электрических полей [2], а также на добавление магнитного поля.

В рамках проекта предлагается изучить метод worldline инстантонов, и применить его для вычисления вероятности рождения пар для конкретных примеров скрещенных электрического и магнитного поля, например колоколообразного электрического поля  $E(x) = \frac{E_0}{\cosh^2(\lambda x)}$  и перпендикулярного ему постоянного магнитного поля  $H$ . Далее можно исследовать распад фотона на электрон-позитронную пару [3] в таком поле.

## Список литературы

- [1] I. K. Affleck, O. Alvarez and N. S. Manton, Nucl. Phys. B **197** (1982) 509.
- [2] G. V. Dunne and C. Schubert, Phys. Rev. D **72** (2005) 105004 [hep-th/0507174].

- [3] P. Satunin, Phys. Rev. D **87** (2013) no.10, 105015  
[arXiv:1301.5707 [hep-th]].