

Формулы C , P , T сопряжения операторов поля спиноров

Wednesday 2 July 2025 17:30 (20 minutes)

Симметрия CPT играет важнейшую роль в современной квантовой теории поля. Для выхода за пределы Стандартной модели требуется понимание того, будет ли сохраняться или нарушаться CPT симметрия в различных вариантах теорий.

Однако формулы для операторов зарядового сопряжения C , пространственной инверсии P и инверсии времени T , соответствующие преобразованиям операторов поля спиноров, были получены в период зарождения квантовой теории поля еще до открытия нарушения четности в слабых взаимодействиях. Они часто содержат ошибки либо в самих формулах, либо в их интерпретации. Например, формула CPT сопряжения оператора поля спинора ψ [1]-[4]

$$CPT\psi(t, x)(CPT)^{-1} = \eta\gamma^5\psi^{+T}(-t, -x) \quad (1)$$

является верной в кирально-симметричных теориях. Но при попытке ее использовать для сопряжения оператора поля левокирального нейтрино $\psi_L(t, x) = \frac{1-\gamma^5}{2}\psi(t, x)$, участвующего в электрослабом взаимодействии, мы получим левокиральное антинейтрино, участвующее в электрослабом взаимодействии. Что противоречит как Стандартной Модели, так и экспериментальным данным. Та же проблема возникает с CP сопряжением. Имеется ряд других проблем с формулами C , P , T сопряжений.

Причина этих ошибок связана с некорректностью использования для киральных спиноров оператора C_{Schw} зарядового сопряжения по Швингеру [5], наиболее часто применяемого при рассмотрении CPT сопряжения, так как он меняет киральность оператора поля на противоположную. Кроме того, он антиунитарен. Оператор C зарядового сопряжения, фигурирующий в CPT теореме, унитарен и не меняет киральность операторов поля спиноров. Но из-за того, что для некиральных полей $C_{Schw}\psi(t, x) = C\psi(t, x)$, оператор C_{Schw} ошибочно отождествляют с C .

В работе обсуждаются варианты формул C , P , T сопряжений и возможность того, что нейтрино является майораново-подобным фермионом.

Работа выполнена при поддержке СПбГУ, шифр проекта 103821868.

1. G. Lüders, Annals of Physics, 2(1), 1-15 (1957).
2. G. Feinberg, S. Weinberg, Il Nuovo Cimento, 14, 571-592 (1959).
3. Дж. Бьёркен, С. Дрелл, Релятивистская квантовая теория. Т. 2, М.: Наука (1978).
4. М. Пескин, Д. Шредер, Введение в квантовую теорию поля, Ижевск: НИЦ (2001).
5. J. Schwinger, Phys. Rev., 74(10), 1439 (1948).

Primary author: МОНАХОВ, Вадим (Санкт-Петербургский государственный университет)

Presenter: МОНАХОВ, Вадим (Санкт-Петербургский государственный университет)

Session Classification: 4. Relativistic nuclear physics, high-energy and elementary particle physics: Theory

Track Classification: Section 4. Relativistic nuclear physics, high-energy and elementary particle physics.