

УДК 535.3

Н.Н. КОНОБЕЕВА, М.Б. БЕЛОНЕНКО

ZITTERBEWEGUNG В AdS-ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ КОСМИЧЕСКОЙ СТРУНЫ*

Рассмотрен Zitterbewegung (ZB)-эффект, индуцируемый в AdS (anti-de Sitter)-пространстве-времени космической струной. Вблизи космической струны эффекты кривизны играют главенствующую роль. ZB-эффект был рассчитан на основе уравнения Дирака в кривом пространстве-времени. Получено выражение для тока. Проанализирована его эволюция и зависимость от удаления от горизонта событий.

Ключевые слова: космическая струна, дрожащее движение, пространство анти-де Ситтера.

Введение

Интерес к AdS-пространству-времени обусловлен несколькими причинами.

Первоначально это было связано с основными вопросами квантования полей для изогнутых пространств. Отсутствие глобальной гиперболичности и наличие как регулярных, так и нерегулярных мод порождает ряд новых явлений, не имеющих аналогов в квантовой теории поля в объеме Минковского [1].

В качестве второй причины можно назвать тот факт, что AdS-пространство-время является основным состоянием в супергравитации и теориях Калуцы – Клейна. Геометрия AdS играет решающую роль в двух популярных направлениях теоретической физики – AdS/CFT-соответствие [2] и мировой сценарий Брейна [3].

С другой стороны, не меньший интерес вызывают космические струны, которые можно определить как простейшие модели пространства-времени с топологическими дефектами [4]. Они имеют ряд косвенных подтверждений, таких, как гамма-всплески [5], гравитационные волны [6] и космические лучи с высокой энергией [7].

Гравитационные эффекты космической струны на фоне AdS-пространства-времени рассмотрены в [8]. Изученные в работах [9] поляризационные эффекты вакуума для квантовых полей для геометрии космической струны в пространстве-времени Минковского были обобщены на случай искривленного пространства-времени. Так, квантовые эффекты для скалярных и фермионных полей в пространстве-времени AdS были рассмотрены в [10]. Между тем часть квантовых эффектов осталась вне внимания исследователей. Прежде всего, это относится к эффекту Zitterbewegung (дрожащее движение) в пространстве-времени космической струны.

Эффект ZB [11, 12] может наблюдаться в любой системе, в описании которой оператор скорости не коммутирует с гамильтонианом. Стоит отметить, что при рассмотрении ZB-эффекта в кривом пространстве-времени возникает ряд технических трудностей, которые связаны с незамкнутостью системы операторных уравнений. Для решения этих сложностей предлагается переход к картине Шредингера [13], в которой зависимыми от времени являются волновые функции, а не операторы.

1. Основные уравнения

Метрика космической струны имеет вид [14]

$$ds^2 = e^{-2y/a} (-dt^2 + dr^2 + r^2 d\phi^2) + dy^2, \quad (1)$$

где $r \geq 0$, $\phi \in [0, 2\pi/q]$, $(t, y) \in (-\infty; \infty)$. Точки (r, ϕ, z) и $(r, \phi + 2\pi/q, z)$ должны быть определены. Параметр a связан с космологической постоянной и скаляром Риччи; $q > 1$ означает наличие космической струны.

Используя координату Пуанкаре $z = ae^{y/a}$, можно переписать метрику (1) в виде

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание № 2.852.2017/4.6).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>