

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Д. В. Кирпичникова «Экзотические распады частиц в моделях с дополнительными измерениями», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.02 - теоретическая физика.

Диссертация Д. В. Кирпичникова посвящена изучению процессов распада частиц в моделях с различным числом дополнительных измерений. Особый акцент сделан на анализе распадов частиц, когда некоторые продукты распада вылетают в дополнительные измерения. В диссертации данный класс процессов исследуется как аналитическими, так и численными методами. Обсуждается возможность экспериментального обнаружения ряда подобных процессов в ускорительных экспериментах.

Теории с дополнительными измерениями привлекают внимание теоретиков в последние десятилетия, так как они открывают возможности для решения ряда классических задач с новой точки зрения. Теоретические исследования показали, что структура дополнительных измерений может быть разной. Если изначально предполагалось, что дополнительные измерения компактны, то, в дальнейшем, оказалось, что модели с некомпактными или бесконечными компактными измерениями также самосогласованы. Наиболее яркой сигнатурой указания на существование бесконечных дополнительных измерений были бы процессы с потерей энергии в конечном состоянии. Необходимым условием таких процессов является наличие в четырехмерной теории мод с непрерывным спектром масс. Анализ моделей "мира на бране" когда ряд полей локализован на гиперповерхности в многомерном пространстве, возможен в астрофизических и космологических экспериментах. Большие надежды возлагаются на изучение процессов, указывающих на существование дополнительных измерений, на Большом Адронном Коллайдере.

В первой главе диссертации рассматривается модифицированная модель Рэндалл - Сунд-рума с компактными дополнительными измерениями. Число компактных измерений является свободным параметром модели. В данной модели калибровочные поля локализованы на бране. Волновые функции локализованных мод не зависят от координат дополнительных измерений, что обеспечивается зарядовой универсальностью. Однако, массивные векторные бозоны, получившие массу за счет взаимодействия со скалярным полем, оказываются квазилокализованными, и могут улетать с браны. Автором найдены ограничения снизу на кривизну пространства анти-деСиттера в RS2 модели в зависимости от числа компактных дополнительных измерений. Для этого были рассмотрены процессы вылета нейтральных калибровочных бозонов в объемлющее пространство. В диссертации рассмотрены два возможных сценария вложения калибровочной группы в объемлющее пространство различа-

ющиеся тем, какие из полей локализованы на бране. Показано, что оба варианта вложения калибровочной группы приводят к близким ограничениям.

Во второй части диссертации изучены процессы с потерей энергии на  $e^+e^-$  коллайдере. В частности, был рассмотрен недетектируемый распад  $Z$ -бозона и аннигиляция в фотон и два нейтрино. Был проанализирован процесс вылета гравитона с браны в модели АДД и проведено сравнение с фоновыми процессами. Основным фоном для процесса вылета  $Z$ -бозона являлся процесс  $e^+e^- \rightarrow \gamma + \nu\bar{\nu}$ . Показано, что сигнал от вылета нейтрального калибровочного бозона превосходит фон, если число дополнительных компактных измерений больше четырех.

В третьей части диссертации изучены процессы  $pp \rightarrow jet + \text{"ничто"}$  которые гипотетически могут происходить на Большом Адронном Коллайдере. Анализ редкого процесса проводился в рамках модели РС2. Потеря энергии в процессе также связана с вылетом нейтрального неабелевого калибровочного бозона и фотона. Проведен численный анализ сечений, в частности, зависимости этих сечений от поперечного импульса адронной струи и ее быстроты. Найдено, что, в рамках изученной модели, сигнал с потерей энергии может быть детектирован при энергии 14 Тэв, если число дополнительных компактных измерений больше трех.

В четвертой главе изучены однопетлевые фермионные поправки к пропагатору векторного поля с браны на брану. Пропагатор исследовался в двух различных вариантах модели "мира на бране". В одном из них существует щель между нулевой модой калибровочного поля и соответствующим непрерывным спектром, а в другом варианте теории она отсутствует. Изучена структура инфракрасного поведения пропагатора. В модели с массовой щелью возникает неустранимая инфракрасная особенность, которая отсутствует в модели без массовой щели. Найденный автором диссертации результат позволяет сделать вывод, что инфракрасное поведение калибровочного поля в объемлющем пространстве связано с наличием или отсутствием щели между нулевой модой и непрерывным спектром.

В качестве недостатка стоит отметить большое количество опечаток, число которых явно превосходит их средний уровень.

В целом, работа выполнена на высоком уровне, результаты диссертации своевременно опубликованы и содержание автореферата правильно отражает содержание диссертации. Автор диссертации безусловно заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор ф-м. наук

Александр Горский

Подпись в.н.с. Горского А.С. заверяю

Ученый секретарь ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ" В.В. Васильев