

“Утверждаю”

Зам. директор Математического
института им. В.А.Стеклова РАН
профессор А. Г. Сергеев

“ _____ ” май 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на кандидатскую диссертацию Кирпичникова Дмитрия Викторовича “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 посвящена исследованию возможных экспериментальных проявлений моделей квантовой теории поля с дополнительными измерениями на бране.

Интерес к построению моделей квантовой теории поля, допускающих наличие дополнительных пространственных измерений, возник давно, начиная с теорий Калуцы-Клейна. Появление дополнительных пространственных измерений является неотъемлемой частью теории суперструн, где простейший вариант теории требует существования дополнительных 6 измерений. При этом общее возражение против многомерных теорий, связанное с их неперенормируемостью, обходится за счет конечности амплитуд в теории суперструн. В этой связи интересно выяснить возможность экспериментального проявления дополнительных пространственных измерений. В простейшем варианте теории суперструн, предполагается, что дополнительные пространственные измерения имеют планковский масштаб, и поэтому не могут приводить ни к каким экспериментально наблюдаемым следствиям в лабораторных условиях. Однако из общих соображений требования на размеры дополнительных измерений, также как и их число, можно ослабить. Представляется приемлемой гипотеза о модели нашей Вселенной на бране. Такая гипотеза является

естественной в рамках теории суперструн, где существуют аналоги солитонных решений – D-браны. Гипотеза о мире на бране была предложена в 1983 г. в работе Рубакова и Шапошникова. Важным свойством таких теорий является возможность с их помощью решать проблемы иерархии взаимодействий. С четырехмерной точки зрения, вообще говоря, происходит вылет частиц (или некоторых из них) с браны. В зависимости от модели, часть частиц локализована на бране, а остальные могут распространяться в объемлющем пространстве и вылет частиц в дополнительные измерения, как правило, происходит с потерей энергии. Существенным вопросом является вопрос к каким экспериментально наблюдаемым следствиям приводит такой вылет.

Одной из задач диссертации является изучение редких распадов нейтральных частиц в модифицированной модели Рэндалл-Сандрума с компактными дополнительными измерениями. По сравнению с оригинальной моделью Рэндалл-Сундрума в эту модель включено n измерений, компактифицированных на тор, так называемая РС2- n модель. В этой модели возможна локализации калибровочных полей на бране, причем механизм локализации похож на механизм локализации гравитонов в оригинальной модели РС2. Механизм локализации тесно связан с нулевыми модами. Появление нулевых мод может приводить к инфракрасными расходимостями в квантовых поправках. Инфракрасные расходимости имеются в моделях с массовой щелью между нулевой модой и высшими возбуждениями калибровочного сектора. Однако, как было показано в работе Дубовского и Рубакова, в обобщениях модели РС2, в которых удается локализовать на бране калибровочное поле, щель отсутствует. Интересно выяснить, действительно ли такая возможность приводит к непротиворечивой теории (в смысле отсутствия инфракрасных расходимостей). Цель работы состоит в изучении феноменологических свойств непротиворечивых моделей ”мира на бране”, которые могут быть проверены в ближайших ускорительных экспериментах на Большом адронном коллайдере.

Более детально, в рецензируемой диссертации рассмотрены и решены следующие задачи. В диссертации впервые

- представлены результаты численного моделирования процессов протон-протонных столкновений $pp \rightarrow \text{jet} + \cancel{E}_T$ при различных энергиях на БАК в модели РС2- n , причем считается, что потеря энергии в конечном состоянии в данных процессах обусловлена либо фотоном,

либо Z -бозоном, вылетающим в дополнительные измерения.

- показано, что при энергии 7 ТэВ шансы экспериментальной проверки моделей с числом компактных измерений $n \geq 6$ весьма невелики, поскольку сечение сигнала $pp \rightarrow \text{jet} + \cancel{E}_T$ мало по сравнению с фоном Стандартной модели $pp \rightarrow \text{jet} + \nu\bar{\nu}$. Однако при энергии pp столкновений 14 ТэВ ситуация улучшается. В этом случае возможна проверка моделей с меньшим числом компактных дополнительных измерений.
- проведен анализ однопетлевых квантовых корреляторов калибровочного поля при наличии/отсутствии массовой щели между нулевой модой и непрерывным спектром векторного поля. Были исследованы квантовые пропагаторы векторного поля с браны на брану в инфракрасном пределе и вычислены однопетлевые поправки к коррелятору векторного поля с браны на брану, обусловленные фермионами, распространяющимися в объемлющем пространстве

В связи с этими результатами меются следующие вопросы:

- Как отмечалось выше, одной из мотивировок введения сценария "мира на бране" является возможность решить проблему иерархии. Вопрос: как выделенная в результате рассмотрения модель без щели решает эту проблему?
- При SUSY обобщениях Стандартной модели изменяется ли утверждение об инфракрасных расходимостях?

Оценивая работу в целом отметим, что это оригинальное и важное исследование на актуальную тему. Решение поставленных задач потребовало от автора свободного владения методами современной теоретической физики, включая и численные расчеты. Материалы диссертации своевременно опубликованы в ведущем научном журнале, Phys.Rev. D, докладывались на международных научных конференциях и семинарах. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертации могут найти применение в исследованиях, проводимых в ОИЯИ, ФИАН, МИАН, ИТЭФ, на Физическом факультете МГУ, а также в других научных организациях, где ведутся работы по теоретической физике высоких энергий.

Диссертация Кирпичникова Дмитрия Викторовича “Экзотические распады частиц в моделях с дополнительными измерениями” соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.02 — теоретическая физика, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Заведующий отделом Теоретической физики МИАН,
доктор физ.-мат. наук,
академик

А. А. Славнов

Отзыв составила ведущий научный сотрудник
отдела Теоретической физики МИАН,
доктор физ.-мат. наук, профессор

И. Я. Арефьева

Данный отзыв одобрен на заседании отдела Теоретической физики
МИАН 21 мая 2014 г.