

ОТЗЫВ официального оппонента Горбунова Дмитрия Сергеевича  
на диссертацию на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук Кейзерова Сергея Ивановича на тему:  
«Самодействие и взаимодействие радиона с полями стандартной модели»  
по специальности 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц,  
физика высоких энергий

Модели с дополнительными пространственными измерениями привлекают внимание, поскольку образуют естественный мост между Стандартной моделью физики элементарных частиц и струнными теориями, непротиворечиво формулируемыми в десятимерном пространстве и претендующими на объединение всех фундаментальных взаимодействий. Кроме того, в многомерных моделях были предложены механизмы создания иерархии между энергетическими масштабами слабых и гравитационных взаимодействий, стабильность которой относительно квантовых поправок является одной из основных теоретических проблем квантово-полевого описания физики частиц на электрослабом масштабе и построения обобщений Стандартной модели. В представленной диссертации рассматривается (4+1)-мерная модель с двумя 3-мерными бранами, на одной из которых реализуется наш трёхмерный мир, на ней локализованы все поля Стандартной модели. Расстояние между бранами параметризуется скалярным полем – радионом, чья динамика стабилизирует это расстояние. Изучению физики радиона и посвящена диссертация Сергея Ивановича Кейзерова. Поскольку проблема иерархии масштабов так и не решена, и альтернативных струнным теориям моделей объединения пока не предъявлено, в актуальности работы нет никаких сомнений.

Во Введении кратко изложена история развития многомерных моделей и приводится описание всей диссертационной работы. В первой главе представлена изучаемая многомерная модель и рассматривается механизм стабилизации дополнительного пространственного измерения. Во второй главе проводится сравнение процессов рассеяния частиц с образованием

радиона и с образованием хиггсовского бозона. Продемонстрировано подобие амплитуд для ряда процессов, проведено доказательство на древесном уровне, а также на петлевом для диаграмм с фермионными петлями. В третьей главе построен полный лагранжиан взаимодействия, квадратичный по полю радиона. В этом порядке найденное подобие с хиггсовским бозоном пропадает. В четвёртой главе исследован эффект Казимира в пространстве между бранами, вычислены вклады от скалярных и тензорных 4-мерных мод. Показано, что соответствующие поправки малы, сдвига вакуумного состояния радиона или дестабилизации конфигурации бран не происходит. В заключении перечислены полученные результаты, в трёх приложениях приведены вычисления, результаты которых используются в основном тексте диссертации.

Текст диссертации написан чётко и ясно, хотя встречаются небольшие повторы. Опечаток фактически нет, местами перепутаны слова (галлиевые – галилеевы на стр.18, фермион – радион на стр.46, объём – площадь после формулы (C2)), в формуле (3.34) пропущены скобки, в формуле для сечения (2.14) и аналогичной в автореферате на стр.15 неправильная размерность. Формулировка первого выносимого на защиту положения представляется неудачной: понять о сокращениях между чем и чем идёт речь удаётся только после ознакомления с текстом. Второе положение содержит констатацию факта и прескрипцию как получить один результат из другого. В тексте диссертации подробно продемонстрировано это на уровне амплитуд. Но нигде не объяснена физика, стоящая за таким подобием. Сходство амплитуд остаётся и на петлевом уровне, и в таких случаях за сокращением как правило стоит какая-то симметрия, которую можно использовать для доказательства сокращений определённых вкладов во всех порядках теории возмущений. В данном случае взаимодействие поля – радион – происходит через след тензора энергии-импульса, что указывает на масштабную инвариантность. Хиггсовское поле ответственно за появление масс (нарушающих масштабную инвариантность) у элементарных частиц

Стандартной модели. Возможно, схожесть диаграмм с радионом и диаграмм с хиггсовским бозоном следует из формулы Голдбергера—Треймана, которая даёт в лидирующем по голдстоуновскому полю взаимодействие с нарушенным током. Отсутствие обсуждения физики, стоящей за сокращением вкладов, считаю основным недостатком данной диссертации.

Из мелких замечаний осталось непонятным, почему в следе тензора энергии-импульса полей Стандартной модели (2.2) нет аномальных вкладов, соответствующих слабым векторным бозонам. На стр.16 можно было бы прокомментировать, что означает брана с отрицательным натяжением. В конце раздела 1.2 говорится, что константа взаимодействия лёгкой скалярной моды будет рассмотрена в главе 3. При этом в заключении главы 1.3 делается вывод, что она меньше, чем в случае нестабилизированных бран (интересно понять почему меньше?). При обсуждении теоретической и практической значимости работы (стр.12 текста и стр.10 автореферата) указывается необходимость специфического поиска радиона, основанного на его отличии от процессов с хиггсовским бозоном во втором порядке по полю радиона. Казалось бы наоборот, после показанного в диссертации надо просто продолжать искать хиггс Стандартной модели при отличных от 125 ГэВ массах – а ведь на Большом адронном коллайдере всё настроено именно под такой поиск – и если мы найдём такой Хиггс (константы взаимодействия пропорционально меньше – как и показано в диссертации) – это и будет радион. Никакого специального поиска затевать не надо на этом этапе.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий (по физико-математическим наукам), а

также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Кейзеров Сергей Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
главный научный сотрудник Отдела теоретической физики  
Института ядерных исследований Российской академии наук  
ФГБУН ИЯИ РАН

Горбунов Дмитрий Сергеевич

*подпись*

10.09.2024

Контактные данные:

тел.: 7(910)4052330, e-mail: gorby@ms2.inr.ac.ru  
Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:  
01.04.16 – теоретическая физика

Адрес места работы:

117312, РФ г. Москва, пр. 60-летия Октября, д. 7ф,  
ИЯИ РАН, ОТФ  
Тел.: 8(499)1357760; e-mail: inr@inr.ru