

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Математический институт им. В.А. Стеклова
Российской академии наук
(МИАН)

ул. Губкина, д. 8, Москва, 119991 Тел.: +7(495) 984 81 41 Факс: +7(495) 984 81 39
http://www.mi-ras.ru E-mail: steklov@mi-ras.ru
ОКПО 02699547 ОГРН 1027739665436 ИНН/КПП 7736029594/773601001

«04 июля 2019» № 11102-2171/133
на № _____ от « _____ » 201__

“ОТЗЫВ УТВЕРЖДАЮ”

И.О. директора Математического
Института им. В.А. Стеклова
кандидат физ.-мат. наук
А.Д. Изаак



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Алешкина Константина Романовича
“Специальная Кэлерова геометрия и теории Ландау-Гинзбурга”,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Диссертационная работа К.Р. Алешкина посвящена исследованию геометрии многообразий Калаби-Яу возникающих при компактификации теории суперструн, а именно явному вычислению так называемой специальной кэлеровой геометрии на пространстве деформаций метрики.

В настоящее время теория суперструн является основным кандидатом на роль теории объединяющей физику Стандартной модели элементарных частиц и гравитацию. В теории струн естественным образом разрешаются проблемы иерархии взаимодействий, а многочисленные константы связи являются динамическими параметрами. В силу так называемой конформной аномалии теория определена только в десятимерном пространстве-времени. Чтобы получить четырёхмерную теорию при достаточно низких энергиях используется компактификация, то есть теория строится не в плоском пространстве-времени, а в произведении четырёхмерного плоского на шестимерное компактное пространство. Геометрические свойства последнего и определяют низкоэнергетическую физику в четырёх измерениях. Таким образом, важной проблемой теории суперструн является изучение геометрии шестимерных пространств, которые можно использовать в компактификациях. Такие многообразия должны допускать решения уравнений Эйнштейна и называются многообразиями Калаби-Яу. Их геометрические свойства достаточно хорошо изучены за многие годы исследований, однако явные формулы для конкретных многообразий зачастую отсутствуют. Именно этой актуальной проблеме посвящена диссертация К.Р. Алешкина.

Диссертация К.Р. Алешкина состоит из введения и трёх глав, содержит 152 страницы, включая 8 рисунков и список литературы из 94 наименований.

Во Введении описаны поставленные задачи и обосновывается их актуальность. Также дается обзор содержания последующих глав и сформулированы основные идеи последующих построений.

В первой главе кратко описываются основные положения теории суперструн и компактификация на шестимерные многообразия. Первая часть главы содержит описание двух классических подходов к теории суперструн: подхода мирового листа и пространства-времени. Во второй половине главы освещены основные свойства низкоэнергетических теорий в четырёх измерениях получающихся в результате компактификации, а также математические понятия из теории многообразий Калаби-Яу, необходимые для вычисления констант связи четырёхмерных теорий.

Во второй главе содержатся основные результаты диссертации. Она посвящена специальной кэлеровой геометрии. Во вводной части главы содержится физическое и математическое описание специальной геометрии. В деталях обсуждается возникновение специальной геометрии и связанных понятий в различных физических теориях, основные из которых это суперструнные компактификации теорий типа IIA и IIB, а также некоторые специальные суперсимметричные теории Ландау-Гинзбурга. Основная часть второй главы посвящена непосредственному вычислению специальной геометрии для различных многообразий Калаби-Яу в компактификациях теорий типа IIB. Вычисление проводится для ряда примеров увеличивающейся

сложности и общности и основано на соответствии теорий суперструн, компактифицированных на многообразия Калаби-Яу и теорий Ландау-Гинзбурга.

В главе 3 обсуждаются двумерные линейные калибровочные сигма модели, связанные с компактификациями теории суперструн. Считается, что статистическая сумма таких теорий вычисляет специальную геометрию компактификаций теории суперструн типа IIA на многообразия Калаби-Яу. Проведено вычисление статистической суммы и получено соответствие с результатами второй главы для специальной геометрии. Описание основано на зеркальной симметрии, то есть соответствии компактификаций теорий струн типа IIA и IIB на различные многообразия Калаби-Яу. Глава завершается заключением, в котором обсуждаются перспективы дальнейшего развития результатов, полученных автором диссертации.

Основные результаты диссертации заключаются в следующем:

(1) Разработан новый эффективный метод вычисления специальной кэлеровой геометрии на пространстве модулей комплексных структур многообразий Калаби-Яу.

(2) Проведено вычисление специальной геометрии в окрестности орбифолдных точек для ряда различных многообразий Калаби-Яу. В случае трёхмерной квинтики в проективном пространстве вычислена специальная геометрия на 101-мерном пространстве модулей. Для гиперповерхностей типа Ферма проведено вычисление для всех полиномиальных деформаций комплексных структур. Для многообразий Калаби-Яу типа Берглунда и Хубша, то есть заданных обратимыми особенностями во взвешенных проективных пространствах, найдена формула для метрики специальной геометрии при определённых ограничениях на полиномиальные деформации комплексной структуры.

(3) Построены линейные калибровочные сигма модели зеркально двойственные гиперповерхностям Ферма. Явно вычислены статистические суммы таких теорий на сфере, предъявлено зеркальное отображение, при котором статсумма совпадают с экспонентой кэлерова потенциала специальной кэлеровой метрики для соответствующей гиперповерхности Ферма. Таким образом проверена гипотеза о связи статсуммы линейной калибровочной сигма модели и специальной геометрии нелинейной сигма модели.

Оценивая диссертацию К.Р. Алешкина в целом, следует подчеркнуть, что все проведенные им исследования являются актуальными и выполнены на высоком научном уровне. Работа носит теоретический характер. В ней используются методы квантовой теории поля, комплексного анализа, специальных функций и алгебраической геометрии. Работа содержит достаточно подробную вводную главу, что придает ей целостный характер. Результаты являются новыми, изложены с полными доказательствами и представляют большой научный интерес. К недостаткам работы следует отнести довольно краткое обсуждение планов дальнейшего исследования и

открытых на сегодняшний день вопросов.

Отмеченный недостаток, впрочем, не влияет на общую оценку диссертации К.Р. Алешкина. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой решен ряд важных задач геометрии многообразий Калаби-Яу и соответствующей компактификации теории суперструн. Диссертация вносит существенный вклад в развитие этого научного направления. Результаты диссертации представляют интерес для специалистов из Московского государственного университета, Математического института им. В.А. Стеклова РАН, Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН и Высшей школы экономики.

Все основные результаты диссертации докладывались на многочисленных семинарах и конференциях, в том числе и международных, опубликованы в ведущих международных и российских журналах из «Перечня ВАК РФ», индексируемых и реферируемых в базах данных РИНЦ, Scopus, Web of Science. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Суммируя вышеизложенное, заключаем, что диссертационная работа К.Р. Алешкина представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему современной теоретической физики. Диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК. По своему содержанию результаты диссертации соответствуют п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор К.Р. Алешкин заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании отдела теоретической физики Математического института им. В.А. Стеклова РАН 15 мая 2019 года.

Отзыв составил
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник МИАН

А.В. Зотов

Зав. отделом теоретической физики МИАН,
доктор физико-математических наук,
академик РАН

А.А. Славнов



В.И.