

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

На диссертационную работу
Алешкина Константина Романовича
“Специальная Кэлерова геометрия и теории Ландау-Гинзбурга”,
представленную на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук
по специальности 01.04.02 - теоретическая физика

Диссертационная работа К. Р. Алешкина посвящена вычислению потенциалов специальной кэлеровой геометрии, возникающей при изучении компактификаций в теории струн. Еще с 80-х годов суперструнная феноменология, которая теоретически должна воспроизводить реалистичную физику в четырёхмерном пространстве-времени при низких энергиях, основана на десятимерных моделях струн в частично компактифицированных фоновых полях. Вычисление потенциалов возникающей при этом специальной кэлеровой геометрии является важным первым шагом для описания физики низкоэнергетической теории, и уже поэтому тема диссертационной работы является актуальной в рамках теоретической физики, помимо того что она представляет несомненный интерес с точки зрения задач современной математической физики.

Диссертация Константина Алешкина разделена на три главы.

Первая глава является вводной, и содержит обзор изучаемых вопросов, а именно – суперструнных компактификаций. Вначале приводится формулировка суперструны типа II как суперконформной теории на двумерном мировом листе и краткое описание того, как на безмассовых состояниях возникает теория десятимерной супергравитации. Затем, с точки зрения пространства-времени, поясняется возникновение четырёхмерных теорий при компактификации типа Калуцы-Клейна. Существенная часть главы посвящена описанию математического аппарата многообразий Калаби-Яу, с необходимостью возникающих при данной схеме компактификации десятимерных струн.

Вторая глава посвящена основной теме диссертации, то есть специальной кэлеровой геометрии. Глава начинается с физического описания специальной геометрии в рамках четырёхмерных теорий с расширенной

суперсимметрией, а именно $N=2$ суперсимметричных теорий Янга-Миллса с гравитацией.

Затем даётся детальное описание специальной геометрии, возникающей на пространствах Риччи-плоских метрик на многообразиях Калаби-Яу, используемых в суперструнных компактификациях. Риччи-плоские деформации разбиваются на так называемые деформации кэлеровых и комплексных структур на этих многообразиях. При этом первые получают инстантонные поправки в полной теории струн, в то время как вторые являются точными в классическом приближении. Именно вычислению последних и посвящена работа диссертанта.

В середине второй главы приводится описание суперсимметричных теорий Гинзбурга-Ландау, которые играют роль инструмента для вычисления потенциалов специальной геометрии многообразий Калаби-Яу в данной работе. В частности, описана структура так называемых Фробениусовых многообразий и tt^* -геометрии, которые можно считать обобщениями специальной геометрии.

Оставшаяся часть второй главы посвящена описанию метода вычисления потенциалов специальной геометрии, разработанного диссертантом, и его применению в различных примерах. Основные идеи метода разбираются на классическом примере так называемой зеркальной квинтики, специальная геометрия на одномерном пространстве комплексных деформаций которой была вычислена ещё в начале 90-х годов. После изложения основных идей метода, заключающихся в сведении вычислений на многообразиях Калаби-Яу к более простому случаю теорий Ландау-Гинзбурга, проводится вычисление потенциалов специальной геометрии самой квинтики, которая является существенно более сложной, чем зеркальная квинтика. Явная формула для специальной геометрии для квинтики (2.3.122) была впервые получена диссертантом.

Далее в диссертации рассматривается широкий круг примеров: в частности гиперповерхности типа Ферма и так называемые гиперповерхности типа Берглунда-Хубша. Формулы для специальной геометрии этих многообразий также являются новыми и основаны на применении метода, разработанного диссертантом.

В заключении к главе описываются дальнейшие направления развития, в частности более детальное изучение специальной геометрии и расширение

метода вычисления, а также обсуждаются различные приложения в теоретической и математической физике.

Третья глава содержит связь вычислений второй главы с линейными калибровочными сигма моделями (ЛКСМ). ЛКСМ являются двумерными суперсимметричными теориями, для которых доступно точное вычисление статистической суммы на двумерной сфере методами суперсимметричной локализации. Существует гипотеза, что если пространство суперсимметричных вакуумов ЛКСМ является многообразием Калаби-Яу, то её статсумма определяет специальную геометрию на пространстве кэлеровых структур пространства вакуумов. Диссертант проверил так называемую зеркальной версии этой гипотезы. Для примеров, рассмотренных во второй главе, явно построены ЛКСМ, статсумма которых вычисляет их специальную геометрию.

Достоверность результатов работы подтверждается тем, что они получены на основе современных математических и физических методов, и в ряде случаев проверены независимо, в частности, связью с ЛКСМ.

Работа является теоретической. Её результаты безусловно важны для математической физики, а также могут иметь непосредственное применение к струнной феноменологии, построению реалистичных струнных фонов, а кроме того – к изучению суперструнных компактификаций в целом.

При чтении диссертации я обратил внимание на ряд недостатков. Текст диссертации набран не очень аккуратно, неудачная нумерация формул. Автор иногда злоупотребляет жаргонной терминологией – в прочем в ситуации, когда соответствующие термины еще не устоялись в русском языке. Имеется даже ряд опечаток в формулах (например (9), (10) на стр. 9 и т.п.).

Указанные недостатки не являются однако принципиальным и не влияют на общую положительную оценку работы. Результаты, выносимые на защиту, являются новыми и оригинальными. Безусловным достоинством работы является то, что полученные диссертантом вычисления потенциалов специальной геометрии существенно расширяют ранее известные результаты. Основные результаты опубликованы в престижных научных журналах, и представлены диссертантом на научных семинарах и международных конференциях.

Автореферат соответствует диссертации, достаточно точно отражая её основные положения и результаты.

Диссертационная работа соответствует специальности 01.04.02 и отвечает критериям, предъявляемым к диссертационным исследованиям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02, а также соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней. Считаю, что её автор Алешкин Константин Романович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика.

Ведущий научный сотрудник
Лаборатории теории
фундаментальных взаимодействий
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Физического института
имени П.Н. Лебедева РАН
Доктор физ.-мат. наук

Андрей Владимирович Маршаков

10 июня 2019г.

Адрес: 119991 г. Москва, Ленинский пр-т., д.53, строение 4 (гл. здание), к. 7
+7 (499) 132-62-03
E-mail: mars@lpi.ru

Подпись и сведения заверяю
Ученый секретарь ФИАН
кандидат физ.-мат. наук



А.В. Колобов