

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Антона Владимировича Галажинского, о диссертации Михаила Михайловича Павлова на тему “Классические конформные блоки и  $AdS_3/CFT_2$  соответствие”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Исследование  $AdS/CFT$  соответствия представляет собой одно из актуальных направлений в современной теоретической физике, тесно связанное с методами построения квантовой гравитации. Важным примером такой дуальности является  $AdS_3/CFT_2$  соответствие, которое представляется более простым для анализа в силу бесконечномерной симметрии, ассоциированной с алгеброй Вирасоро, со стороны конформной теории поля и топологической природой теории гравитации в трёхмерном пространстве-времени. В отличие от многомерных аналогов,  $AdS_3/CFT_2$  соответствие можно понимать не только на уровне равенства производящих функционалов, но и на уровне базисных элементов, таких как конформные блоки в  $CFT_2$  и геодезические сети в теории гравитации на фоне  $AdS_3$ . Одной из главных задач данной диссертации является разработка методов вычисления функций конформных блоков/длин геодезических сетей и явная проверка  $AdS_3/CFT_2$  соответствия.

В диссертационной работе рассматриваются следующие задачи:

- 1) Обобщение монодромного метода для классических конформных блоков более чем с двумя тяжелыми операторами.
- 2) Получение функций многоточечных блоков с двумя тяжелыми операторами.
- 3) Разработка дуальной интерпретации многоточечных классических конформных блоков с тремя и более тяжелыми операторами и явная проверка  $AdS_3/CFT_2$  соответствия.

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, четырёх приложений и списка литературы. Объем диссертации составляет 106 страниц, включает 21 рисунок; список литературы содержит 105 наименований.

### **Содержание работы:**

Во введении дается обзор литературы, отражающий степень разработанности темы диссертационной работы и её место в современной теоретической физике.

Первая глава посвящена описанию классических конформных блоков в двумерной конформной теории поля. Анализируются классические конформные блоки с произвольным числом тяжелых операторов в рамках приближения тяжелых и легких операторов, что является обобщением известных ранее в литературе результатов,

относящихся к блокам с двумя тяжелыми операторами. С помощью голографических переменных сформулировано и доказано свойство униформизации, которое связывает блоки с произвольным числом тяжелых операторов и блоки с двумя тяжелыми операторами. Кроме того, найдены функции неизвестных ранее многоточечных блоков с двумя тяжелыми операторами и развита теория возмущений над упомянутыми блоками, основанная на введении сверхлегких операторов.

Во второй главе строится дуальная трёхмерная геометрия, генерируемая тяжелыми операторами классических конформных блоков. Для геометрии, генерируемой произвольным числом тяжелых операторов, получено описание в терминах конических дефектов.

В третьей главе рассматривается дуальное описание легких операторов классических конформных блоков. Показано, что длины специальных объектов - голографических деревьев Штейнера на диске Пуанкаре - вычисляют вклад легких операторов в классический конформный блок. Данные деревья являются решением классической оптимизационной задачи Штейнера. Указан способ построения таких деревьев, соответствующих классическим конформным блокам из первой главы и разработаны методы вычисления их длин. Таким образом, явно установлено  $AdS_3/CFT_2$  соответствие между данными классическими конформными блоками и дуальными им голографическими деревьями Штейнера.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации, наиболее важными из которых являются следующие:

- 1) Разработан монодромный метод вычисления многоточечных классических конформных блоков с произвольным числом тяжелых операторов и сформулировано свойство униформизации данных блоков.
- 2) Доказано факторизационное соотношение и получены явные выражения для единичных многоточечных блоков. В рамках теории возмущений над единичными блоками, ассоциированной с введением сверхлегких операторов, получены поправки к данным блокам.
- 3) Описана процедура построения геометрии, дуальной тяжелому сектору классических конформных блоков. Предъявлена явная конструкция для случая трёх тяжелых операторов.
- 4) Построены голографические деревья Штейнера на диске Пуанкаре, дуальные всем рассмотренным ранее классическим конформным блокам. Явно показано равенство длин деревьев соответствующим классическим конформным блокам.

В качестве замечаний по диссертации отметим следующие:

- 1) В Главе 1 приводится условие, связывающее внешние и промежуточные размерности в тяжелом секторе классического конформного блока (1.3.8), которое далее полагается выполненным точно. Было бы интересно рассмотреть случай произвольного блока с



тяжелыми операторами, где это условие не выполняется в первом порядке НЛ приближения и установить, как при этом меняются монодромные уравнения в терминах голографических переменных из Раздела 1.3.

2) В Главе 2, при построении дуальной трехмерной геометрии, описывающей тяжелый сектор для случая трёх операторов, рассматривается вспомогательное уравнение типа Фукса. В диссертации обсуждается случай, когда две из трёх классических размерностей операторов равны. Представляет интерес анализ данного уравнения для случая, когда все три классические размерности тяжелых операторов различны.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации, в рамках которой получены новые актуальные научные результаты. Диссертация написана четко и математически корректно, ее результаты опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и докладывались на семинарах и конференциях по теоретической физике. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что рассматриваемая работа удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Михаил Михайлович Павлов, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

А  
107.08.2022/

Официальный оппонент  
Антон Владимирович Галажинский  
д.ф.-м.н. по специальности 01.04.02 - теоретическая физика,  
профессор РАН по отделению физических наук,  
профессор Национального исследовательского  
Томского политехнического университета,  
г. Томск, пр. Ленина, д. 30, 634050  
тел.: 89059911407  
e-mail: [galajin@tpu.ru](mailto:galajin@tpu.ru)

Подпись А.В. Галажинского заверяю

Ученый секретарь ТПУ



*[Handwritten signature]*

Е.А. Кулинич

107.08.2022/