

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Владислава Николаевича Ваховского на тему “Ковариантные методы в современной квантовой теории поля и квантовой гравитации”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Владислав Николаевич Ваховский окончил с отличием Физический факультет МГУ в 2014 г. С 2018 г. по 2022 г. он обучался под моим руководством в аспирантуре Физического института им. П.Н. Лебедева РАН. На данный момент он работает в должности младшего научного сотрудника Лаборатории Теории фундаментальных взаимодействий Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма ФИАН.

Диссертация В.Н. Ваховского посвящена методу теплового ядра для операторов высшего порядка и неминимальных операторов и его применению к моделям квантовой теории поля и модифицированной гравитации. Актуальность и практическая значимость этого направления обусловлены потребностью построения последовательной квантовой теории гравитации и объяснения таких явлений, как темная энергия, темная материя и т.д. Требование перенормируемости теории вынуждает рассматривать модифицированные модели, волновой оператор которых имеет размерность выше двух или является неминимальным (например, как в моделях Хоравы-Лифшица). Хорошо известно, что предложенный ДеВиттом стандартный метод вычисления эффективного действия неприменим к таким теориям, что приводит к необходимости использования обходных не прямых методов. Однако они не позволяют получить всю физически интересную информацию, а также очень громоздки с вычислительной точки зрения.

Основным достижением В.Н. Ваховского за годы его аспирантуры и работы в ФИАНе является построение внедиагонального разложения теплового ядра для минимальных операторов высшего порядка, являющегося прямым обобщением стандартного анзаца ДеВитта. В отличие от последнего это разложение представляет собой функциональный ряд по некоторым введенным В.Н. Ваховским новым специальным функциям гипергеометрического типа, названным «обобщенными экспонентами». Свойства этих функций, включая тонкий вопрос об их асимптотическом поведении и его связи с квазиклассическим приближением, были подробно изучены. В комбинации с техникой интегральных преобразований они позволяют простым способом получать разложения ядра функции оператора – что является далекоидущим обобщением свойств «функториальности», рассматривавшихся ранее в литературе лишь в пределе совпадения.

Второе отличие построенных разложений от девиттовского случая состоит в появлении в них исчезающих в пределе совпадения членов при сколь угодно больших отрицательных степенях собственного времени. Именно это явление делает невозможным прямое обобщение метода ДеВитта путем построения цепочки рекуррентных соотношений на коэффициенты разложения в координатном пространстве. Однако В.Н. Ваховскому удалось успешно обойти эту трудность: им было разработано два различных метода нахождения коэффициентов разложения – с помощью так называемого обобщенного преобразования Фурье в искривленном пространстве и по теории возмущений. Причем эти методы позволяют получить не только пределы совпадения производных коэффициентов, но и

точные замкнутые выражения для них вне предела совпадения в виде комбинаций производных мировой функции и тензора параллельного переноса. Далее, построенные алгоритмы были реализованы В.Н. Ваховским в системе символьных вычислений Wolfram Mathematica с использованием пакетов xAct и xTras. В ходе этой работы были как воспроизведены давно известные результаты для оператора 2го порядка, так и вычислены коэффициенты для оператора 4го порядка, включая не публиковавшиеся ранее в литературе. Все эти результаты являются значимым и значительным продвижением в теории теплового ядра.

Другие результаты, содержащиеся в диссертации В.Н. Ваховского, посвящены изучению нелокального эффективного действия. В литературе долгое время шла дискуссия, порожденная видимым противоречием между так называемым действием Ригерта-Фрадкина-Цейтлина, полученным интегрированием конформной аномалии, и генерируемым ковариантной теорией возмущений разложением эффективного действия в ряд по степеням кривизны с нелокальными формфакторами. В работе В.Н. Ваховского было показано, что это противоречие является лишь кажущимся и его можно устранить, во-первых, перейдя к другой форме аномального действия (в калибровке Фрадкина-Вилковьского, отличающегося от исходного на конформно-инвариантный функционал) и, во-вторых, с помощью процедуры «конформного пересуммирования» – перехода к некоторому новому базису инвариантов, по которым ведется разложение ковариантной теории возмущений. Тогда новое аномальное действие можно отождествить с конформно-неинвариантной частью ряда теории возмущений. Другие результаты работы связаны с приложениями нелокального действия. В частности, В.Н. Ваховским было получен закон конформных преобразований тензора энергии-импульса для пространств с ненулевым тензором Вейля, являющийся обобщением известной формулы Брауна-Кэссиди для конформно-плоского случая. Также были рассмотрены приложения нелокального действия к космологии, определяемой конформной аномалией большого числа конформных полей, и обсуждены вопросы, связанные с проблемой ренормгруппового бега гравитационной и космологической констант.

Результаты, представленные в диссертации В.Н. Ваховского, получены им независимо или при непосредственном участии в качестве соавтора. Эти результаты представлены в четырех статьях, три из которых опубликованы в одном из ведущих научных журналов по квантовой теории поля (Physical Review D), а также докладывались на двух международных конференциях, на семинарах ФИАН и ИЯИ РАН. Можно с уверенностью утверждать, что за время работы над диссертацией В.Н. Ваховский сформировался как самостоятельный исследователь и специалист в области квантовой теории поля и гравитации, а также символьных методов вычислений в физике высоких энергий, что и является основной целью обучения в аспирантуре. Хотелось бы отметить очень высокую математическую культуру и эрудицию В.Н. Ваховского в математике и математической физике в целом, его знания в теории специальных и малоизвестных физикам функций, которые помогли ему достичь полученных им весьма нетривиальных и сложных результатов.

Представленная диссертационная работа удовлетворяет, требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Владислав Николаевич Ваховский,

заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — теоретическая физика.

Научный руководитель

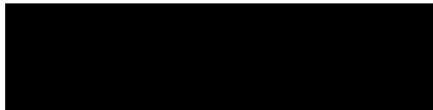
ведущий научный сотрудник ОТФ ФИАН

доктор физико-математических наук

Барвинский Андрей Олегович

Адрес: 119991, Москва, Ленинский проспект д.53, ФИАН

Телефон: +7(906)734-38-73, E-mail: barvin@td.lpi.ru



04.06.2024

Подпись Барвинского Андрея Олеговича заверяю:



Ученый секретарь ФИАН

кандидат физико-математических наук

Колобов Андрей Владимирович

