

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Иосифа Львовича Бухбиндера, на диссертацию Владислава Николаевича Ваховского «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.

Диссертация В.Н. Ваховского посвящена развитию ковариантных методов изучения структуры квантового эффективного действия в калибровочных теориях с высшими производными. Калибровочные теории с высшим производными привлекают значительный интерес, в основном в связи с проблемами космологии и квантовой гравитации. В качестве уже классических примеров можно привести инфляционную модель Старобинского и R^2 -модель квантовой гравитации. В настоящее время активно обсуждаются различные обобщения теорий гравитации с высшим производными такие, как модели типа Хоржавы-Лифшица, модели гравитации с шестью и даже с бесконечным количеством производных. Отметим также, теорию полей высших спинов, где взаимодействие с необходимостью содержит высшие производные. Изучение квантовой структуры таких моделей требует разработки новых методов квантовой теории поля. Развитие новых методов квантовой теории калибровочных полей широко обсуждается в современной литературе по теоретической и математической физике и бесспорно является **актуальной** проблемой.

В диссертации В.Н. Ваховского решается общая задача о построении процедуры вычисления однопетлевого эффективного действия в калибровочных теориях с высшими производными. Как известно, однопетлевое эффективное действие сводится к функциональным детерминантам дифференциальных операторов ассоциированных с квадратичной частью классического действия на произвольном фоне (с учетом членов, фиксирующих калибровку) и с квадратичными частями действий духов. Стандартной процедурой вычисления таких функциональных детерминантов является метод Швингера-ДеВитта или метод ядра оператора теплопроводности, который, однако, в своей исходной формулировке в общем случае не применим к теориям с высшими производными. В диссертации В.Н. Ваховского дано обобщение метода Швингера-Де Витта для вычисления функциональных детерминантов, ассоциированных с произвольными дифференциальными операторами с высшим производными, и тем самым представлено полное описание процедуры вычисления однопетлевого эффективного действия в калибровочных теориях с высшими производными. В диссертации также рассматриваются различные аппроксимации, позволяющие применить разработанную общую процедуру для конкретного вычисления однопетлевых эффективных действий. В целом, в рассматриваемой диссертации получено большое число важных научных результатов.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и 2 приложений. Полный объем диссертации составляет 160 страниц текста, включая 6 рисунков. Список литературы содержит 166 наименований.

Во **введении** приводится подробный обзор литературы по проблемам, связанным с тематикой диссертации, дается обоснование актуальности исследования и его научной новизны, описаны цели и задачи работы, ее теоретическая и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту и описана структура диссертации.

Первая глава носит вводный и вспомогательный характер. В ней в компактной форме даются все необходимые определения и информация об эффективном действии, методе теплового ядра, классическом методе ДеВитта и альтернативных ему не прямых методах.

Во **второй главе** объясняется основная идея построения «внедиагональных разложений» для минимальных операторов высшего порядка и подробно изучаются свойства входящих в эти разложения «обобщенных экспоненциальных функций». Отдельный раздел посвящен сравнению экспоненциальных асимптотик обобщенных экспонент с результатами квазиклассического приближения и метода перевала.

В **третьей главе** с помощью метода ковариантного преобразования Фурье в искривленном пространстве строятся сами «внедиагональные разложения» вместе с алгоритмом вычисления их коэффициентов. Далее приводятся результаты компьютерных символьных вычислений, проведенных с помощью пакета *xAct* в системе *Wolfram Mathematica*, коэффициентов для минимальных операторов 2го и 4го порядка общего вида, они подробно сравниваются с выражениями, известными ранее из литературы.

Четвертая глава посвящена сравнению двух аппроксимаций эффективного действия: аномального действия Ригерта-Фрадкина-Цейтлина, полученного интегрированием конформной аномалии, и разложения по степеням кривизны в рамках ковариантной теории возмущений. Показано, что «аномальное действие в форме Фрадкина-Вилковского», отличающееся от RFT-действия на конформно-инвариантный функционал, совпадает с частью ряда ковариантной теории возмущений, модифицированной с помощью процедуры перехода к новому конформному базису инвариантов.

В **пятой главе** рассматриваются приложения, с одной стороны, аномального действия к модели космологической инфляции, вызванной конформной аномалией, и к конформным преобразованиям тензора энергии-импульса. И, с другой стороны, приложение ковариантной теории возмущений к активно обсуждающейся в последнее время проблеме ренормгруппового бега гравитационной и космологической констант.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертации. Справочная информация о специальных функциях Фокса и громоздкие результаты вычислений для оператора 4го порядка общего вида вынесены в Приложения. С моей точки зрения, наиболее важные результаты работы состоят в следующем:

1. Впервые построено обобщение известного девиттовского анзаца на случай минимальных операторов высшего порядка. Подтверждено высказывавшееся ранее в литературе предположение о наличии в этом разложении исчезающих в пределе совпадения членов при сколь угодно больших отрицательных степенях собственного времени, делающих невозможным построение разрешимой системы рекуррентных соотношений.

2. Несмотря на это, построен алгоритм вычисления коэффициентов вне предела совпадающих точек. Символьные вычисления на основе этого алгоритма позволили не только воспроизвести известные ранее выражения, но и для оператора 4го порядка получить новые, не публиковавшиеся ранее результаты.

3. Доказана согласованность аномального действия Ригерта-Фрадкина-Цейтлина с разложением эффективного действия по степеням кривизны в рамках ковариантной теории возмущений.

4. Рассмотрен ряд приложений нелокального действия к актуальным задачам, включая вопросы космологической инфляции и ренормгруппового бега гравитационной и

космологической констант. Получено обобщение выражения Брауна-Кэссиди для тензора энергии-импульса на случай пространств с ненулевым тензором Вейля.

Диссертация выполнена на высоком физическом и математическом уровне по **актуальной** тематике. Полученные результаты являются **новыми**, они полностью **обоснованы**, опубликованы в ведущих международных научных журналах и докладывались на многочисленных семинарах и конференциях. **Достоверность** результатов обусловлена корректностью использования общих методов квантовой теории поля, а также совпадением в частных случаях результатов автора с результатами предшествующих авторов. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

По результатам работы хотелось бы сделать следующие замечания:

1. Как отмечается в самой диссертации, для частного случая, когда оператор высшего порядка является степенью оператора 2го порядка, общее разложение (3.46) не вполне совпадает с разложением (2.69). По всей видимости, это означает, что в построенных разложениях имеется определенный произвол, который следовало бы обсудить.

2. На мой взгляд было бы полезным обсудить возможные применения развитой автором техники для описания структуры эффективного действия в калибровочных теориях с высшими производными за пределами однопетлевого приближения.

Однако, отмеченные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы и не снижают научное значение полученных результатов. По сути их можно рассматривать как пожелания для дальнейшей работы.

Учитывая вышесказанное, считаю, что рассматриваемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Владислав Николаевич Ваховский заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 - теоретическая физика.

Официальный оппонент:

Бухбиндер Иосиф Львович,
доктор физико-математических наук по специальности
01.04.02 — теоретическая и математическая физика, профессор,
главный научный сотрудник
Лаборатории теоретической физики
Объединенного института ядерных исследований,
141980, Московская область, г. Дубна,
email: buchbinder@theor.jinr.ru

23.09.2024

Подпись Иосифа Львовича Бухбиндера заверяю

Ученый секретарь ЛТФ, ОИЯИ
А.В. Андреев