

В диссертационный совет ПДС 0200.007
при Федеральном государственном
автономном образовательном
учреждении высшего образования
«Российский университет дружбы народов»
адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника Отдела теоретической физики Института теоретической физики РАН Березина Виктора Александровича на диссертацию Шестаковой Татьяны Павловны «Квантование гравитации в формализме расширенного фазового пространства», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика

Тема предьявляемой диссертации четко и ясно заявлена уже в самом названии. Актуальность ее очевидна – квантовая гравитации все еще не создана. Несмотря на неимоверные усилия, начало которым было положено Матвеем Бронштейном (1935 год – защита докторской диссертации, 1936 год – публикация в ЖЭТФ).

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения, списка цитируемых работ (237 наименований) и списка работ автора (36 наименований).

Во Введении представлен краткий очерк развития гамильтонова формализма, начиная с метода Дирака для систем со связями, который был затем применен Арновиттом, Дезером и Мизнером к общей теории относительности Эйнштейна и вылился в квантовую геометродинамику Уилера-ДеВитта с их знаменитым уравнением. С появлением континуального интегрирования, предложенного Фейнманом в качестве обоснования уравнений квантовой механики, были развиты новые методы в квантовой теории поля – духи Фаддеева-Попова, а также квантование Баталина-Фрадкина-Вилковыского, которые ввели в научный обиход понятие расширенного фазового пространства.

Далее автор диссертации сетует на то, что попытки более или менее прямых обобщений мощных методов, развитых для квантовых теорий поля в плоском пространстве-времени Минковского, на гравитацию не приносят удовлетворения, и они плохо согласуются между собой. Вина, разумеется, возлагается на отсутствие экспериментальных данных для сильных полей тяготения, когда квантовые эффекты перестают быть просто малыми поправками, а начинают играть главную роль и качественно менять все вокруг. Например, менять топологию пространства-времени, решить проблему квантовых измерений (имеется в виду редукция волновой функции) и т.д. А пока это все похоже на игры с очень сложной и красивой математикой, лишь изредка приводящие к отдельным физическим результатам (пример – теории струн с вычислением энтропии черной дыры). Невольно вспоминаются 30 лет, потраченные Эйнштейном на безуспешные чисто математические (часто очень нетривиальные) попытки создания единой теории поля. В случае же с квантовой гравитацией это уже в три раза больше (как раз в следующем году будет 90 лет).

Эпохальное открытие 2015 года – регистрация гравитационных волн от слияния двух черных дыр, конечно же, приоткрывает дверь в область, где можно и нужно изучать сильные гравитационные поля, но ключевые объекты остаются принципиально недостижимыми. То, прежде всего, ранняя Вселенная. Другой объект – внутренность черных дыр, куда можно проникнуть в качестве камикадзе, но передать полученную информацию уже не получится. Приходится, все-таки, уповать на математику.

Мой Учитель, академик Моисей Александрович Марков, часто повторял «Математика умнее человека». Помним, что в школьных учебниках было написано – всемирный закон тяготения. Всемирный – значит, всеобъемлющий. И квантовая теория гравитации обязана быть всеобъемлющей, включая в себя все возможные ситуации. Наиболее важным является отказ от постулирования существования так называемых асимптотических состояний. Именно их присутствие обеспечило калибровочную инвариантность теорий Уилера-ДеВитта и Фаддеева-Попова. Также важно учитывать различные топологии. Так мы приходим к идее расширенного фазового пространства, где все переменные, включая духи и калибровочные степени свободы, являются динамическими переменными.

Исследованию разных аспектов применения расширенного фазового пространства к квантованию гравитационного поля и посвящена диссертация Татьяны Павловны Шестаковой.

Глава 1 посвящена подробному описанию существующих подходов к квантованию гравитации: методу Дирака и его обобщение – геометродинамика Уилера-ДеВитта, метод Фаддеева-Попова и квантование Баталина-Фрадкина Вилковыского. Анализируются недостатки и неполнота каждого из них применительно к квантовой гравитации. Отдельно рассматривается квантовая космология.

В Главе 2 строится гамильтонова динамика в расширенном фазовом пространстве. Это – одна из целей диссертации. Разработана новая формулировка гамильтоновой динамики со связями, основанная на введении в эффективный лагранжиан Баталина-Вилковыского недостающих скоростей с помощью калибровочных условий в дифференциальной форме. При этом система гамильтоновых уравнений в расширенном фазовом пространстве включает уравнения связи, калибровочные условия и уравнения для духов и полностью эквивалентна расширенной лагранжевой системе уравнений, получаемой из эффективного действия Баталина-Вилковыского. Очень важный результат. Показано, что преобразования в расширенном фазовом пространстве, затрагивающие калибровочные степени свободы, являются каноническим (т.е., равноправными), что также очень важно.

Глава 3 – это квантование. Здесь получено уравнение Шредингера из континуального интеграла с эффективным действием Баталина-Вилковыского. Показано, что знаменитое уравнение Уилера-ДеВитта является его частным случаем, если выбрать калибровку Арновитта-Дезера-Мизнера. На примере изотропной космологической модели показано, что введение калибровочного условия в эффективный лагранжиан эквивалентно включению в модель среды с заданным уравнением состояния, описываемой феноменологически. Высказана гипотеза, что эта среда представляет собой гравитационный вакуум, который проявляет себя как фактор космологической эволюции.

Продемонстрировано, что выбор калибровочного условия определяет космологическую эволюцию.

Я не согласен с термином «гравитационный вакуум», но сам факт появления среды в «чисто квантовой» теории полагаю чрезвычайно важным, поскольку это, по сути, внесение «чисто классического» элемента в квантовую гравитацию, столь необходимого для процессов измерений. Кроме того, это позволяет надеяться на конструктивное решение проблемы коллапса волновой функции, являющимся до сего времени чисто умозрительным.

Очень интересной представляется также предлагаемая реализация гипотезы Сахарова об изменении сигнатуры метрики, тесно связанной с гипотезой рождения Вселенной «из ничего».

Глава 4 посвящена интерпретации полученных в диссертации результатов.

В заключение хотелось бы задать провокационный вопрос – а не стоит ли вообще отказаться от квантования гравитации? Я имею в виду другую идею Сахарова, получившую известность под именем «индуцированная гравитация». Суть ее в том, что гравитации как фундаментально физического поля вовсе не существует, а это всего лишь «натяжения вакуума всех остальных квантовых полей». Но тогда возникает следующая проблема. Наш мир – квантовый, с этим давно никто уже не спорит. Чтобы решить квантовую задачу, нужно задать определенные граничные условия (например, существование асимптотических состояний, широко обсуждающиеся в диссертации). Чтобы задать граничные условия, нужно решить классические гравитационные уравнения. А вот источником им служит «усредненный» тензор энергии-импульса квантовых полей с уже известными граничными условиями. Получается замкнутый круг. Так что, квантовать гравитацию все же необходимо. Это неизбежно.

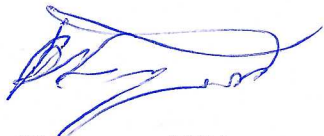
Диссертационное исследование Шестаковой Татьяны Павловны «Квантование гравитации в формализме расширенного фазового пространства» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной проблемы квантования гравитации, имеющей важное значение для прогресса в квантовании гравитационного поля и возможного решения фундаментальных вопросов основ квантовой механики и описания рождения частиц в сильных полях (как гравитационных, так и в калибровочных). Новизна работы очевидным образом представлена в ее названии. Достоверность гарантируется использованием математических методов, хорошо зарекомендовавших себя в других областях квантовой теории поля, а также тщательным анализом пределов их применимости в теории гравитации. По теме диссертации опубликовано 28 работ в ведущих российских и зарубежных научных журналах и в трудах международных конференций. Апробация обширная. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, согласно п.2.1. раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а ее

автор, Шестакова Татьяна Павловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. – теоретическая физика.

Официальный оппонент:

Старший научный сотрудник Отдела теоретической физики
Института ядерных исследований Российской академии наук
Доктор физико-математических наук (1.3.3.-теоретическая физика)
Березин Виктор Александрович



Дата: 21 августа 2024 г.

Подпись Березина Виктора Александровича заверяю
Ученый секретарь ИЯИ РАН Вересникова Анна Васильевна



Дата: 21 августа 2024 г.

Адрес места работы: 117312, г. Москва, проспект 60-летия Октября, д. 7-А, Институт ядерных исследований РАН.

Контактный телефон: 8 909 982 13 03.

Адрес электронной почты: berezin@inr.ac.ru