

**ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ Т. П. ШЕСТАКОВОЙ
«КВАНТОВАНИЕ ГРАВИТАЦИИ В ФОРМАЛИЗМЕ
РАСШИРЕННОГО ФАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА»,
ПРЕДСТАВЛЕННЫЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ
СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1.3.3 «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»**

Автореферат соискательницы посвящён описанию математически последовательной формулировке квантовой теории гравитации, который является труднейшим вопросом теоретической физики. Первое, что бросается в глаза - отличная математическая подготовка соискателя и её физическая эрудиция, что вылилось в решении или в постановке сложных вопросов, связанных с гравитационной энтропией, редукцией волновой функции вселенной и т. д. Сделаны сильные утверждения о гравитационном вакууме, который проявляет себя как фактор космологической эволюции. Интересно бы сравнить это с определением гравитации в расширяющейся вселенной, как энтропийной силы. Другой интересный момент - сложная топологическая структура вселенной, которое - новое предположение, и которое необходимо проверять. Кроме того, соискатель отдаёт отчёт о сложности решения уравнения Уилера-де Витта для волновой функции вселенной, что также обсуждается. Автореферат отражает высокий профессионализм соискателя и соответствует присуждению искомой степени.

Диссертационное исследование Шестаковой Т. П. «Квантование гравитации в формализме расширенного фазового пространства» является законченной научно-

квалификационной работой, в которой содержится новый подход к решению научной проблемы квантования гравитации, имеющей важное значение для поиска будущей квантовой теории гравитации, которая должна дать единое описание гравитационного поля и полей материи в ранней Вселенной. Работа соответствует всем 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 её автор, Шестакова Татьяна Павловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Ведущий научный сотрудник Ядерного отделения ФИАН им. П. Н. Лебедева РАН, доктор физико-математических наук (специальность 01.03.02 – астрофизика)

Профессор



Бурдюжа Владимир Владимирович

Подпись Бурдюжа Владимира Владимировича заверяю:

Учёный
кандидат физико-математических наук

секретарь

ФИАН

Колобов Андрей Владимирович



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Шестаковой Татьяны Павловны** «Квантование гравитации в формализме расширенного фазового пространства», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности «Теоретическая физика»

Квантование гравитации -- не новая, но по-прежнему актуальная проблема теоретической физики, ввиду нерешенности целого ряда не только технических, но и концептуальных проблем в рамках существующих подходов. Одним из принципиальных вопросов является роль систем отсчета в квантовой гравитации, которая зачастую интерпретируется как нежелательная зависимость от калибровки. В итоге, в рамках наиболее распространенного подхода Уилера-ДеВитта, основанного на традиционном гамильтоновом формализме систем со связями, возникает проблема интерпретации волновой функции стационарных состояний гравитационного гамильтониана с привлечением часто критикуемого представления о мультивселенной.

В диссертации Т.П. Шестаковой развивается формулировка квантовой гравитации на основе функционального интеграла, включающего калибровочные степени свободы. Сформулирована гамильтонова динамика в расширенном фазовом пространстве, которая представляет альтернативу как обобщенной гамильтоновой динамике Дирака, так и гамильтоновой формулировке, которая получается из эффективного действия Баталина – Фрадкина – Вилковьского. В предлагаемом подходе существует класс преобразований в расширенном фазовом пространстве, включающий калибровочные степени свободы, которым отвечает переход от старых калибровочных переменных к новым. Это существенно отличается от трактовки калибровочных преобразований в подходе Дирака, где таковые не являются каноническими и объявляются нефизическими.

В работе также впервые проведен анализ различных методов квантования гравитации с точки зрения калибровочной инвариантности, и показано, что отсутствует строгое математическое доказательство калибровочной инвариантности уравнения Уилера – Де Витта. Дано обобщение вывода уравнения Шредингера из континуального интеграла для систем со связями, в том числе описываемых эффективным действием Баталина – Вилковьского в лагранжевой форме. Показано что уравнение Уилера – Де Витта может рассматриваться как частный случай уравнения Шредингера, отвечающий определенному выбору параметризации гравитационных переменных и выбору калибровочных условий, а также условию независимости от времени волновой функции Вселенной.

Исследована ситуация, когда в разных областях пространства-времени вводятся различные калибровочные условия. Такую ситуацию невозможно рассматривать в рамках подхода Уилера – Де Витта. Вместе с тем, случае, когда Вселенная имеет сложную топологическую структуру, ввести одну систему отсчета во всем пространстве-времени невозможно, и приходится вводить различные калибровочные условия в разных областях. В итоге эволюция в пределах одной области описывается унитарным оператором, который выражается через физический гамильтониан, вид которого определяется выбранными калибровочными условиями. При переходе из одной области в другую изменяется гильбертово пространство состояний, что влечет за собой преобразование волновой функции, которое, вообще говоря, не является унитарным.

Новизна и значимость работы в том, что в ней, во-первых, предлагается новая формулировка гамильтоновой динамики для систем со связями, полностью эквивалентная лагранжевой динамике, вытекающей из эффективного действия, во вторых, предлагается вывод уравнения Шредингера из континуального интеграла, применимый для систем со связями, в котором оператор Гамильтона согласуется с функцией Гамильтона в расширенном фазовом пространстве. На основании этих нововведений предлагается интерпретация решения уравнения Шредингера, согласующаяся как с копенгагенской интерпретацией, так и концепцией относительных состояний Эверетта, между которыми в данном подходе не возникает противоречия.

Характеризуя работу Т.П. Шестаковой в целом, можно утверждать, что в ней сделан существенный шаг на пути создания квантовой гравитации, состоящий в прояснении значения калибровочных степеней свободы и связанной с этим интерпретацией решений уравнения Шредингера как описывающих относительные состояния физической подсистемы при выборе определенных калибровочных условий. Это учитывает специфику гравитации как теории пространства-времени, в которой выбор систем отсчета имеет непосредственное физическое значение.

Диссертация основана на работах автора, которые хорошо известны специалистам и многократно обсуждались на научных конференциях. Обоснованность и достоверность как концептуальных, так и технических результатов не вызывает сомнений. Многолетняя увлеченность автора функциональным интегрированием (которому также посвящена ее отдельная книга, пользующаяся широкой известностью) увенчалась созданием нового подхода, который будет несомненно развиваться и далее в данной области исследований.

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод, что диссертационное исследование Шестаковой Татьяны Павловны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение проблемы

квантования гравитации, имеющей важное значение для теоретической физики. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора 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 её автор, Шестакова Татьяна Павловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3 (Теоретическая физика).

Доктор физико-математических наук по специальности 1.3.3 (01.04.02), профессор кафедры теоретической физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Гальцов Д.В. 03.09.24

Подпись профессора Гальцова Д.В. удостоверяется



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шестаковой Т.П. на тему: «Квантование гравитации в формализме расширенного фазового пространства» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика»

Проблема квантования гравитации, несмотря на длительные исследования, остается актуальной и в наше время. С одной стороны, очевидно, что любую систему, для которой известен гамильтониан, можно проквантовать, вводя обобщенные импульсы и координаты, и полагая справедливыми канонические коммутационные (антикоммутационные) соотношения для них. На данный момент не существует каких-либо экспериментальных свидетельств, что коммутационные соотношения для обобщенных импульсов и координат отличаются от общепринятых. С другой стороны, большинство представляющих физический интерес систем, включая гравитацию, являются системами со связями. Для систем со связями коммутационные соотношения соответствуют скобкам Дирака, операторная реализация которых не может быть найдена в общем случае. Использование духовых переменных, позволяет обойти данную проблему, что и является основной темой диссертационного исследования.

В этой связи тема диссертации Шестаковой Т.П., посвящённая разработке формализма обобщенного фазового пространства является актуальной с позиции развития современной науки.

К достоинствам диссертации можно отнести следующее.

Во-первых, автор предлагает детальный, предшествующий проблеме квантования, анализ действия гравитации с введенными грассмановыми переменными, для которых используется калибровочное условие в дифференциальной форме, так что антикоммутирующие переменные приобретают смысл динамических переменных. Выводится выражение для БРСТ-заряда, причем оказывается, что БРСТ-заряды, полученные по теореме Нетер, и из алгебры связей отличаются.

Во-вторых, выводится уравнение Шредингера в формализме с Грассмановыми переменными.

В-третьих, в диссертации исследованы мини- и миди- модели в расширенном суперпространстве и их решения.

Эти элементы составляют научную суть рецензируемой диссертации, и являются новыми научными результатами.

Вместе с тем, исследованы вопросы, находящиеся на стыке физики и философии, такие как концепция «относительных состояний» Эверетта, существование областей с нетривиальной топологией, изменение сигнатуры метрики с ++++ на +--- в ходе эволюции вселенной.

К недостаткам работы можно отнести то, что исследуется только картина Шредингера, и не уделяется достаточное внимание картине Гейзенберга, в частности, в списке литературы отсутствует ссылка на работу Quantum Gravity in Heisenberg Representation and Self-Consistent Theory of

Gravitons in Macroscopic Spacetime, G.M. Vereshkov, L. Marochnik, J. Mod. Phys. Vol. 4, No 2, P. 285–297, 2013.

Также можно сожалеть, что если зависимость от выбора калибровки, нетривиальная топология, изменение сигнатуры метрики действительно имеют место для реальной вселенной, то ближайшие, по крайней мере, сто лет, мы вряд ли можем рассчитывать на корректное описание квантовой стадии ее эволюции.


Эти замечания не затрагивают научной сути диссертации, а скорее являются стандартными проблемами научного познания. В целом, диссертация Шестаковой Т.П. на тему: «Квантование гравитации в формализме расширенного фазового пространства» содержит новые научные результаты и развивает новые подходы к квантованию гравитации, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной 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 имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01 2024 г.

Учитывая все вышеизложенное, считаю, что Шестакова Т.П. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика».

вед. научн. сотр.
лаб. фундаментальных взаимодействий
НИИ Ядерных проблем
при Белорусском государственном университете,
канд. физико-математических наук («Теоретическая физика»),

Черкас Сергей Леонидович

подпись Черкаса С.Л. заверяю


М.С.С. Шестакова Т.П.
02.09.2024г.