

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, доцента, заведующего кафедрой
теории относительности и гравитации Института физики Казанского
(Приволжского) федерального университета Сушкова Сергея
Владимировича 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.**

Диссертация Шестаковой Татьяны Павловны «Квантование гравитации в формализме расширенного фазового пространства», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика, посвящена фундаментальной проблеме поиска объединения общей теории относительности и квантовой теории. Автор диссертации предлагает свой подход, который является альтернативным по отношению к другим существующим подходам к квантованию гравитации.

Диссертация общим объемом 228 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (237 наименований) и списка работ автора диссертации.

Первая глава содержит обзор существующих подходов к квантованию гравитации. Большое внимание уделено обобщенной гамильтоновой динамике систем со связями, сформулированной Дираком, дираковской схеме квантования систем со связями и вытекающей из нее квантовой геометродинамике Уилера – Де Витта. Дается критический анализ подхода Дирака – Уилера – Де Витта, обсуждаются положения, которые следует рассматривать как постулаты, рассматриваются нерешенные проблемы этого подхода.

Далее следует обзор методов, основанных на интегрировании по траекториям (подход Хартла – Хокинга, методы Фаддеева – Попова, Баталина – Фрадкина – Вилковыского). Обсуждается роль асимптотических граничных условий в обеспечении калибровочной инвариантности теории. Отдельный раздел посвящен каноническим преобразованиям в фазовом пространстве. Он предваряет Главу 2, в которой предлагается гамильтонова динамика в расширенном фазовом пространстве, альтернативная обобщенной гамильтоновой динамике Дирака. Заключительный раздел первой главы представляет собой обзор идей и проблем квантовой космологии (представления о рождении Вселенной, проблема времени и др.).

Во **второй главе** излагается способ построения гамильтоновой динамики системы со связями в расширенном фазовом пространстве, альтернативный методу, предложенному Дираком. Вначале основная идея иллюстрируется на примере модели с конечным числом степеней свободы, затем описывается обобщение этой идеи для полной теории гравитации. Показана эквивалентность системы лагранжевых уравнений, полученных из эффективного действия, и гамильтоновых уравнений в расширенном фазовом пространстве. Доказывается, что преобразования, затрагивающие калибровочные переменные, являются каноническими в предлагаемой формулировке гамильтоновой динамики. Решается проблема построения генератора преобразований в расширенном фазовом пространстве, которые совпадают с калибровочными для всех обобщенных координат исходной

теории. Таким генератором является БРСТ-заряд, построенный по теореме Нетер. Обсуждается требование БРСТ-инвариантности физических состояний.

Собственно квантованию гравитации посвящена **третья глава** диссертации. Здесь обобщается процедура вывода уравнения Шредингера из континуального интеграла для систем со связями, обосновывается выбор континуального интеграла с эффективным действием Фаддеева – Попова в лагранжевой форме без асимптотических граничных условий в качестве исходного объекта. Устанавливается структура общего решения уравнения Шредингера и, как следствие, получается уравнение для физической части волновой функции, зависящей только от физических степеней свободы. В частном случае при определенных условиях из уравнения для физической части волновой функции получается уравнение Уилера – Де Витта.

Далее напоминается интерпретация Ландау и Лифшица системы отсчета как некоей среды, заполняющей все пространство, и показывается, что, выбирая разные калибровочные условия, можно описывать среды с различными уравнениями состояния. Таким образом, среда, описываемая членом, фиксирующем калибровку, в эффективном действии, проявляет себя как фактор космологической эволюции. Лучшим кандидатом на роль среды, выполняющей функцию системы отсчета, является гравитационный вакуум.

В последующих разделах обсуждается зависимость физического уравнения Шредингера от калибровочного условия; рассматривается эволюция физической подсистемы в случае, когда в различных областях пространства-времени наложены разные калибровочные условия; наконец, обсуждается гипотеза А. Д. Сахарова об изменении сигнатуры метрики с точки зрения подхода, основанного на формализме расширенного фазового пространства, и гипотеза о рождении Вселенной в результате изменения сигнатуры метрики.

В **четвертой главе** дана интерпретация результатов, полученных в предыдущей главе. Приводятся аргументы, что для понимания результатов

предлагаемого подхода к квантованию гравитации может быть использована копенгагенская интерпретация квантовой теории. Также аргументируется, что копенгагенская интерпретация не противоречит концепции "относительных состояний" Эверетта, и показывается, что общее решение уравнения Шредингера может быть интерпретировано, опираясь на концепцию "относительных состояний" Эверетта. В заключительном разделе главы полученные результаты сопоставляются с представлениями современной квантовой теории поля

Актуальность темы обусловлена тем, что для понимания процессов в ранней Вселенной, а также внутренней структуры черных дыр и конечных стадий их эволюции необходима квантовая теория гравитации. Несмотря на существование различных подходов к построению этой теории, она до сих пор не создана, что говорит о необходимости продолжения поиска.

Достоверность и новизна результатов диссертации. Достоверность результатов основывается на использовании математического аппарата современной теории гравитации и квантовой теории поля. Следует также отметить проведенный автором подробный анализ предложенных ранее подходов к квантованию гравитации.

Новизна результатов состоит в том, что, во-первых, сформулирована гамильтонова динамика в расширенном фазовом пространстве, альтернативная обобщенной гамильтоновой динамике Дирака, причем показано, что система гамильтоновых уравнений в расширенном фазовом пространстве полностью эквивалентна системе лагранжевых уравнений, получаемых вариационной процедурой из эффективного действия Баталина – Вилковского, а преобразования в расширенном фазовом пространстве, которые затрагивают калибровочные степени свободы, являются каноническими; во-вторых, дан вывод уравнения Шредингера из континуального интеграла в лагранжевой форме для систем со связями, которые можно описать эффективным действием Баталина – Вилковского, и получены решения уравнения Шредингера в различных калибровках; в-

третьих, исследован ряд следствий предлагаемого подхода: показано, что уравнение Уилера – Де Витта может рассматриваться как частный случай уравнения Шредингера, отвечающий определенному выбору параметризации гравитационных переменных и выбору калибровочных условий; обсуждается ситуация, когда в разных областях Вселенной вводятся различные калибровочные условия; рассмотрена гипотеза Сахарова об изменении сигнатуры метрики.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечивается использованием математических методов современной теоретической физики, правомерность применения которых к теории гравитации анализируется автором. Формулировке предлагаемого подхода предпослан обзор литературы с целью обоснования сделанных автором утверждений.

Ценность для науки и практики результатов работы. Теоретическая ценность работы в том, что предложен новый подход к квантованию гравитации, который является самосогласованным, опирается на новую формулировку гамильтоновой динамики в расширенном фазовом пространстве, содержит интерпретацию полученных результатов, может быть применен к различным задачам космологии, в частности, к тем, которые связаны с выбором систем отсчета. Практическая ценность заключается в том, что на его основе могут быть получены предсказания, которые, в принципе, можно будет сравнить с данными наблюдений по мере увеличения точности последних, например, с данными, полученными из анализа космического микроволнового фонового излучения.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати. По теме диссертации опубликовано 28 работ, из которых 17 статей учитываются в международных базах цитирования (Scopus, Web of Science), 4 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах из списка ВАК, остальные 7 – в сборниках трудов международных конференций и других изданиях.

Содержание автореферата **соответствует основным положениям диссертации.**

Замечания по работе. Существенных замечаний по диссертации у меня нет. Диссертация написана очень хорошим и грамотным языком, все научные положения изложены полно, логично и убедительно. Единственное замечание, которое мне хочется сделать, носит скорее характер пожелания и предложения автору для проведения дальнейших исследований. Я считаю, что автору следовало хотя бы вкратце обсудить не только космологические приложения предложенного метода гамильтоновой динамики в расширенном фазовом пространстве, но и рассмотреть черные дыры.

Заключение. 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 построения полной самосогласованной квантовой теории гравитации. 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 её автор, Шестакова Татьяна Павловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой теории относительности и гравитации

Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Сушков Сергей Владимирович



Дата: 26.08.2024

Контактные данные:

тел.: +7(960)0326021, e-mail: sergey_sushkov@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 01.04.02 – Теоретическая физика

Адрес места работы:

420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 16а,

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,

Институт физики,

Тел.: +7(843)2337282; e-mail: phys.dep@kpfu.ru

*Подпись Сушкова С.В. заверено
ведущей специалистом
Ирины Угловой*

