

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Элмахалави Яссер Реда Ахмед Абдельхамид на тему: «Квантовые аспекты проблемы времени в гравитации и космологии», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Диссертация Я. Элмахалави посвящена изучению возможных подходов к квантованию гравитационного взаимодействия. В то время как в рамках классической физики мы имеем в качестве теории гравитации прекрасно зарекомендовавшую себя общую теорию относительности Эйнштейна, все еще отсутствует общепризнанная квантовая теория гравитации. Без такой теории физическая картина мира остается существенно неполной, поэтому любое продвижение к построению этой теории является важным вкладом в современную теоретическую физику. В диссертации изучаются особенности построения канонического формализма теории, что является важным шагом на пути квантования, а также само квантование для системы, состоящей из симметричной пылевой оболочки в присутствии (2+1)-мерной гравитации. Полученные результаты можно пытаться обобщать на случай (3+1)-мерной гравитации, о чем упоминается в разных частях диссертации.

Диссертация состоит из Введения, пяти глав и Заключения, также она содержит список используемой литературы и список рисунков. Объем диссертации составляет 117 страниц (в русскоязычном варианте). Во введении приводятся цели и задачи диссертации, обосновывается их новизна, актуальность и значимость, дается информация об апробации работы и ее структуре.

В главах 1 и 2 излагаются известные результаты, касающиеся свойств (2+1)-мерной гравитации. Рассмотрены как классические аспекты теории, так и различные способы ее квантования. В частности, описываются свойства известного чернотырного решения (2+1)-мерной гравитации – BTZ черной дыры, обсуждение формирования которой и другие квантовые аспекты изучаются в следующих главах.

В главе 3 формулируется центральная задача диссертации – изучение симметричной пылевой оболочки в присутствии (2+1)-мерной гравитации. В этой главе рассматривается вариант задачи с нулевой космологической постоянной. Для этого варианта проводится канонический анализ и изучается геометрическая структура возникающего фазового пространства. После изучения задачи на классическом уровне проводится ее каноническое квантование и анализируются решения квантовых связей, определяющие физические состояния системы. Далее обсуждается квантовая динамика системы, которая оказывается дискретной. Важным результатом, что подчеркивается в тексте диссертации, является отсутствие в квантовой теории сингулярности, которая имеется при классическом подходе, когда квантовые эффекты не учитываются.

В главе 4 изучается вариант сформулированной ранее задачи с отрицательной космологической постоянной. Как и в предыдущей главе, проводится канонический анализ и изучается геометрическая структура возникающего фазового пространства, после чего проводится квантование. При этом основное внимание уделяется ситуации, когда

радиус пылевой оболочки близок к горизонту, что упрощает задачу квантования. Исследуется квантовая динамика системы, что позволяет найти амплитуды переходов между различными секторами диаграммы Пенроуза. Как часто бывает, при учете квантовых эффектов оказываются возможными (но с экспоненциальным затуханием вероятности) переходы, запрещенные при классическом рассмотрении.

В главе 5 продолжается изучение симметричной пылевой оболочки в присутствии (2+1)-мерной гравитации с отрицательной космологической постоянной. В ней обсуждаются возможности выхода за пределы использованного в предыдущей главе упрощающего предположения о близости радиуса пылевой оболочки к горизонту. Изучение такой задачи интересно тем, что позволяет надеяться на описание системы вблизи области, где в классической теории формируется центральная сингулярность (особенно это интересно для возможного обобщения результатов на случай (3+1)-мерной гравитации). Как говорится в тексте диссертации, исследование в данном направлении еще не до конца завершено, в диссертации представлены некоторые предварительные результаты.

Все выносимые на защиту результаты диссертации являются новыми и актуальными. Хотя они относятся к (2+1)-мерной гравитации, можно надеяться на их обобщение на случай (3+1)-мерной гравитации, что было бы существенным шагом на пути решения проблемы квантования гравитационного взаимодействия.

В качестве замечания можно отметить присутствие в тексте диссертации некоторого количества опечаток. В русскоязычной версии можно встретить непереведенные английские слова, также иногда в тексте встречаются не вполне логичные фразы, например: в разделе Заключение в предложении "За последние несколько лет (2+1)-мерная гравитация была впервые теоретизирована Старушкевичем [16] для исследования классического поведения точечной частицы." ссылка соответствует работе 1963 года.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, которая является оригинальным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Результаты работы своевременно и полно опубликованы в трех изданиях, индексируемых системами цитирования Web of Science и Scopus, а также докладывались на международных конференциях и семинарах.

Диссертация Элмахалави Яссер Реда Ахмед Абдельхамид на тему: «Квантовые аспекты проблемы времени в гравитации и космологии» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Элмахалави Яссер Реда Ахмед Абдельхамид заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.04.02 – Теоретическая физика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета  
д.ф.-м.н., доцент, профессор  
Пастон Сергей Александрович

21 июля 2021 г