

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Элмахалави Яссер Реда Ахмед
Абдельхамида «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.

Тему исследования рассматриваемой диссертации можно определить, в самом общем виде, как квантовую гравитацию. Истоки попыток построить квантовую теорию гравитации восходят к работе Матвей Бронштейна 1936 года. Но и поныне таковая не существует. Причина этому – динамические переменные самого гравитационного поля, т.е., виртуальные и реальные гравитоны, удовлетворяющие сложным нелинейным уравнениям. Если же по какой-либо причине гравитационная динамика отсутствует, то квантование, в принципе, возможно. А что же тогда квантуется? Ответ: квантованию подлежат источники гравитационного поля, а уже через них – косвенно, и само пространство-время. И эта задача отнюдь не сводится к квантованию в заданном искривленном пространственно-временном многообразии, поскольку структура последнего, включая топологию и границы, определяется усредненным тензором энергии-импульса материальных источников, для квантования которых нужно эти границы уже знать. Получается замкнутый круг.

В 4-хмерном пространстве-времени в общей теории относительности Эйнштейна, основанной на действии Гильберта, гравитационная динамика отсутствует при условии сферической симметрии. В (2+1)-гравитации, основанной на (трехмерном) действии Гильберта, ее нет просто никогда. Видимо, это и явилось одной из причин выбора в данной диссертационной работе (2+1)-гравитации как модели для квантования. А как избавиться от кошмара замкнутого круга с граничными условиями? Это легко сделать в космологии: нет границ – нет проблемы. Другой вариант для (2+1)-гравитации – как можно больше пустого пространства-времени, которое и квантовать-то не надо, а вся топология и границы на виду. В пределе – источник в виде тонкой материальной оболочки. Что и сделано в диссертации. Задача все еще чрезвычайно сложная: нет даже общего классического решения ни для вакуума вне оболочки, ни для траектории самой оболочки. Упрощение достигается наложением условий симметрии еще до процедуры квантования. В рассматриваемой диссертации – это условие двумерной сферической симметрии: теперь оболочка – бесконечно тонкое кольцо, эволюционирующее во времени. К тому же, известны все вакуумные решения. Классическая задача в диссертации поставлена так: кольцо из пыли, внутри кольца – метрика анти-де Ситтера (в (2+1) измерениях), снаружи – метрика черной дыры Банадоса-Тейтельбойма-Занелли (БТЗ). Квантованию подлежит траектория кольца – динамической системы с одной степенью свободы. В результате, квантовая теория поля превратилась в квантовую механику. Решению именно этой задачи и посвящена данная диссертация.

Диссидентант подробно описывает геометрическую структуру пространства-времени, которое предстоит квантовать. И это совершенно необходимо, поскольку она нетривиальна. Именно эта нетривиальность заставляет выбрать определенную схему

квантования и приводит к неожиданным результатам. Описание, по необходимости, длинное. Здесь мы скажем лишь, что в БТЗ черной дыре есть, в общем случае, два светоподобных горизонта, разделяющих области, где радиус может служить пространственной координатой (что привычно) и области, где он может быть временной координатой. Тех и других бесконечное множество, и большинство из них причинно не связанны. Но это в классическом решении. В квантовой же механике волновая функция обязана быть единой для всего многообразия, т.к. оболочка имеет отличную от нуля вероятность оказаться где угодно. И это самое существенное ограничение на схему квантования. Оказалось, что необходимая параметризация, действительно, существует. Здесь необходимо отметить широту математических познаний диссертанта: теория групп, теория квантовых групп, теория голономий. Без владения этими разделами математики дальнейшее придвижение в вычислениях и получении результатов были бы просто невозможны.

Результаты довольно неожиданные. Оказалось, что и импульсы, и координаты некоммутативны, что является следствием ненулевой кривизны фазового пространства. Это означает нелокальность квантового пространства-времени. Оператор времени имеет дискретные собственные значения. Оператор радиуса оболочки имеет дискретный спектр под горизонтом и непрерывный спектр вне горизонта. Результат, бесусловно, важные и поучительные.

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.

19.07.2021

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,

Старший научный сотрудник Отдела теоретической физики

Института ядерных исследований Российской академии наук

Березин Виктор Александрович

