

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования Московской области

«Университет «Дубна»

доктор физико-математических наук



Д.В. Фурсаев

« » марта 2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Петрусевича Дениса Андреевича

«Некоторые проблемы квантовой теории
ориентируемых объектов»,

представленную на соискание учёной степени кандидата

физико-математических наук по специальности

01.04.02 – Теоретическая физика

Диссертация Петрусевича Д.А. посвящена развитию методов описания ориентации на основе теории представлений групп Ли, в частности их применению к состояниям квантового ротатора и нахождению точных решений релятивистских волновых уравнений, в том числе бесконечнокомпонентных уравнений Майораны (Majorana).

Структура диссертации. Диссертационная работа Петрусевича Д.А. состоит из введения, трёх глав, заключения, библиографии из 90 наименований и приложения. Работа изложена на 140 страницах, содержит 11 рисунков и 1 таблицу.

Во введении отражена актуальность работы, указана цель проводимых автором исследований, кратко изложено содержание работы по главам.

В первой главе «Описание ориентируемых объектов в квантовой теории» рассматривается описание ориентированных объектов в нерелятивистской и релятивистской квантовой теории, использование для этого когерентных состояний (КС), даётся обзор литературы.

Во второй главе строятся когерентные состояния квантового ротатора. Построенная система КС квантового ротатора $|juv\rangle$ обладает определённым угловым моментом и минимальной неопределённостью. Они характеризуются определённой проекцией углового момента j на подвижную ось, жёстко связанную с ротатором (её положение задаётся параметром v), и на неподвижную ось (задаётся параметром u).

Далее рассматривается эволюция КС, уравнения для параметров построенных КС, условия, при которых эти уравнения переходят в классические уравнения Эйлера.

Полученные автором уравнения можно трактовать, как квантовую версию уравнений Эйлера для классического ротатора. Они отличаются от классических выражений только множителем, который зависит от углового момента j . Для малых j он существенно отличается от 1, что приводит к замедлению прецессии ротатора. При стремлении $j \rightarrow \infty$ он приближается к классическому значению 1. Таким образом, можно j^{-1} рассматривать как малый безразмерный параметр, описывающий переход к классическому пределу.

В третьей главе рассматриваются решения релятивистских волновых уравнений (РВУ) в пространстве 2+1 измерений, имеющих вид $(\hat{p}_\mu \hat{S}^\mu - \kappa)\psi = 0$.

В пространстве 2+1 измерений конечнокомпонентные РВУ (аналоги уравнений Бхаббы (Bhabha), и в частности, уравнений Дирака и Даффина-Кеммера) связаны с конечномерными неунитарными, а РВУ, аналогичные уравнениям Майораны в 3+1-мерном пространстве (бесконечнокомпонентные уравнения), - с бесконечномерными унитарными представлениями группы Лоренца $SO(2,1) \sim SU(1,1)$.

Получены точные решения 2+1-мерных аналогов уравнений Майораны и Бхаббы в постоянном однородном магнитном поле. Построение точных решений основано на разделении пространственных и ориентационных переменных и выражении операторов задачи через генераторы групп Лоренца в 2+1 измерении $SU(1,1)$ и группы Гейзенберга $W(1)$.

Автор провёл сравнение решений конечнокомпонентного и бесконечнокомпонентного уравнения в случае спинов 1/2, 1, 3/2. При значениях спинов 1/2 и 1 решения существуют при любых значениях напряженности магнитного поля, их спектры обладают сходным поведением. Энергии уровней в случае бесконечнокомпонентных уравнений растут с ростом поля несколько медленнее, чем в случае конечнокомпонентных, - в этом состоит основное отличие решений. При исследовании конечнокомпонентных уравнений для высших спинов ($s > 1$) получено, что уровни энергии при больших напряженностях поля становятся комплексными.

Для 2+1-мерных уравнений Дирака и Майораны (спин 1/2) во внешнем электромагнитном поле проведено разложение по степеням $1/c$. В первом приближении ($1/c$) разложения совпадают (уравнение Паули). Различия возникают во втором приближении (учитываются члены до $1/c^2$): у двух членов не совпадают численные коэффициенты, кроме того, в случае уравнения Майораны появляется дополнительный член, отсутствующий в разложении уравнения Дирака.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

В приложения вынесен вспомогательный материал по теории представлений групп Лоренца и Пуанкаре в 2+1 измерении и когерентным состояниям групп $SU(2)$ и $SU(1, 1)$.

Автореферат диссертации полностью и достоверно отражает её содержание.

Актуальность темы диссертации. До последнего времени единственным примером хорошо разработанной физической теории, в которой волновая функция зависит от ориентации, была теория нерелятивистского жёсткого ротатора, построенная еще в 1930-е годы. Последовательное рассмотрение квантовых объектов, обладающих ориентацией, важно для решения ряда задач, связанных с наличием спина, как в нерелятивистской, так и в релятивистской квантовой теории.

Научная ценность и практическая значимость работы. В работе на основе использования волновых функций, зависящих от пространственно-временных координат и ориентации, произведено построение когерентных состояний квантового ротатора с определённым угловым моментом и решений РВУ типа Майораны в 2+1 измерении. Результаты, полученные автором в диссертации, могут быть использованы в ядерной, атомной и молекулярной спектроскопии, физике элементарных частиц и когерентных явлений.

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы обеспечивается корректностью проведенных расчетов; подтверждается соответствием результатов, полученных разными методами, в тех случаях, когда это возможно, и согласием полученных результатов с выводами других исследователей в некоторых частных случаях.

Новизна полученных результатов не подлежит сомнению. Впервые получены точные решения уравнений Майораны в постоянном однородном магнитном поле в 2+1 измерении, построены когерентные состояния квантового ротатора с определённым угловым моментом.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 6 печатных работах, из них 2 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ. Результаты диссертационного исследования докладывались на семинарах Лаборатории Ядерных Исследований им. Г.Н. Флерова Объединенного Института Ядерных Исследований (ЛЯР ОИЯИ) в г.Дубна и Московского технологического университета (МИРЭА) на 60-й (2011), 61-й (2012) и 62-й (2013) Научно-технических конференциях МИРЭА.

Диссертация не лишена некоторых **недостатков**.

Не понятно, какое именно преимущество с точки зрения возможных физических приложений дают предлагаемые когерентные состояния квантового ротатора.

Кроме того, например, в астрофизике и в экспериментах по соударению тяжелых ионов, могут возникать сильные магнитные поля. Квантовая система в таких полях оказывается нестабильной и спонтанно порождает неоднородные поля. В диссертации не обсуждается устойчивость по отношению к

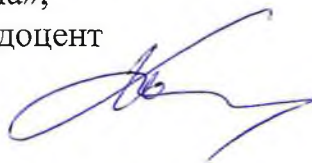
неоднородностям магнитного поля предлагаемых бесконечномерных уравнений Майораны, описывающих произвольные спины.

Однако, указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Считаем, что диссертационная работа Петрусевича Дениса Андреевича «Некоторые проблемы квантовой теории ориентируемых объектов» является законченным научным исследованием и по содержанию полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Её автор, Петрусевич Денис Андреевич, заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Результаты диссертационного исследования целесообразно использовать в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, в Объединённом Институте Ядерных Исследований, в Томском государственном университете и в ряде других научно-исследовательских организаций.

Диссертационная работа была заслушана 18 марта 2016 г. на заседании семинара кафедры высшей математики государственного университета «Дубна».

Отзыв составил
заведующий кафедрой высшей математики
государственного университета «Дубна»,
доктор физико-математических наук, доцент
Калиновский Юрий Леонидович



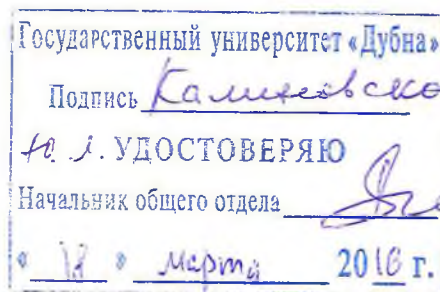
Ю.Л. Калиновский

Телефон: +7-(49621) 6-60-79

Адрес электронной почты: kalinov@jinr.ru

Web: <http://uni-dubna.ru/>

Почтовый адрес: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 141982, Московская область, г. Дубна, ул. Университетская, 19



Ю.Л. Калиновский