

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Овсиюк Елены Михайловны

«Квантовая механика частиц с внутренней структурой во внешних электромагнитных и гравитационных полях»,

представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.02 – теоретическая физика

Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представляется к защите

Название диссертации «Квантовая механика частиц с внутренней структурой во внешних электромагнитных и гравитационных полях» полностью соответствует ее содержанию.

Объектом диссертационного исследования являются элементарные частицы с дополнительными характеристиками во внешних электромагнитных полях на фоне пространства–времени с псевдоримановой геометрией; предметом исследования являются решения уравнений для частиц с разными значениями спина и дополнительными характеристиками во внешних полях.

Содержание диссертации соответствует физико-математическим наукам, пунктам «Квантовая механика», «Математические методы теоретической физики» паспорта специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Тема диссертации соответствует пункту 12. Междисциплинарные исследования перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г., и пункту 1. Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства: физика фундаментальных взаимодействий микро- и макромира, зарождающиеся технологии (квантовые, когнитивные, нейроцифровые, антропоморфные) перечня приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь № 156 от 7 мая 2020 г.

Актуальность темы

Целью диссертации является развитие теории обобщенных уравнений для элементарных частиц с дополнительными внутренними характеристиками: поляризуемостью, аномальным магнитным моментом,

электрическим дипольным моментом, электрическим квадрупольным моментом, структурой Дарвина – Кокса, внутренним спектром спиновых и массовых состояний; построение точных решений таких уравнений с учетом внешних электромагнитных полей и неевклидовой структуры пространства–времени: Лобачевского, Римана, де Ситтера.

Дополнительные к заряду и спину характеристики элементарных частиц могут быть измерены только при наличии внешних полей, именно поэтому последовательный учет взаимодействия с внешними полями является важной задачей. Кроме того, как правило, внутренние характеристики частиц проявляют себя дополнительными членами взаимодействия и при учете внешних гравитационных полей, описываемых как неевклидовость геометрии пространства, что позволяет рассматривать эти характеристики как дополнительные возможности для тестирования геометрической структуры пространства–времени.

Учет дополнительных характеристик элементарных частиц приводит к существенному усложнению описания систем. Возникающие задачи чаще всего приводят к уравнениям со сложной структурой сингулярных точек. В значительной степени результаты, полученные в прошлом в классической и квантовой физике с применением теории специальных функций, базируются на классе гипергеометрических функций, решений дифференциального уравнения с тремя особыми точками, или их вырожденном случае. Вместе с тем, много новых задач, требующих для своего анализа использования дифференциальных уравнений с более сложной структурой, возникло при рассмотрении квантовой теории с псевдоримановой геометрией пространства–времени. В диссертации исследовано большое число задач, приводящих к уравнениям с такой сложной структурой сингулярных точек.

Тема диссертации Е.М. Овсюк является актуальной, а ее содержание отвечает современным тенденциям развития теоретической физики.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Основные результаты, полученные в диссертации, являются новыми. К наиболее важным из них можно относиться такие:

1. для скалярной частицы построены решения уравнений для следующих физических систем: частицы с поляризуемостью в магнитном поле, частицы с поляризуемостью в кулоновском поле, частицы с внутренней структурой Дарвина – Кокса при наличии магнитного и кулоновского полей, частицы Дарвина – Кокса в магнитном и электрическом полях на фоне пространства Лобачевского;

2. для спинорной частицы найдены решения уравнений Паули и Дирака в кулоновском поле на фоне геометрий Лобачевского – Римана, решения уравнения Дирака в поле магнитного заряда в моделях де Ситтера и анти де

Ситтера, бозонные решения уравнения Дирака – Кэлера в моделях Лобачевского – Римана, решения уравнения для спинорной частицы с двумя массовыми параметрами во внешнем кулоновском поле;

3. получены решения уравнения для векторной частицы с аномальным магнитным моментом в магнитном и электрическом полях, решения уравнения для векторной частицы с учетом поля магнитного заряда на фоне пространств постоянной кривизны в нерелятивистском приближении, а также решения для релятивистской векторной частицы в поле Кулона;

4. на основе найденных в диссертации решений уравнений Шредингера, Дирака, Максвелла и Даффина – Кеммера в квазидекартовых координатах в пространстве Лобачевского разработана процедура геометрического моделирования потенциального барьера, одинаковым образом отражающего все типы частиц;

5. для атома водорода в статических моделях де Ситтера и анти де Ситтера показана сводимость радиальных уравнений к общему уравнению Гойна, найдены решения нерелятивистского уравнения для векторной частицы в нестатических моделях де Ситтера.

6. предложен метод геометрического моделирования смешивания нейтринных масс в рамках теории фермиона с тремя массовыми параметрами.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность основных результатов и выводов, защищаемых положений и рекомендаций определяется применением надежно апробированных математических методов.

Результаты диссертации прошли апробацию на многих республиканских и международных конференциях.

Научная, практическая, социальная и экономическая значимость полученных результатов

С моей точки зрения, научная, практическая и социальная значимость полученных в диссертации результатов, прежде всего, состоит в следующем. В рамках созданной академиком Ф.И. Федоровым школы по теоретической физике, в свое время интенсивно исследовался подход, основанный на использовании расширенных наборов представлений группы Лоренца для описания новых возможных уравнений для элементарных частиц. Однако в большей части анализ ограничивался построением таких обобщенных уравнений и исследованием их свойств симметрии, хотя уже тогда было ясно, что эти уравнения позволяют описывать дополнительные электромагнитные характеристики частиц, а также частицы со спектром спиновых и массовых состояний. Однако ранее было найдено лишь

небольшое число решений для таких обобщенных уравнений, например, были построены решения для частицы с аномальным моментом в поле плоской электромагнитной волны и некоторые другие.

В диссертации эта возможность используется, развивается и дополняется систематическим исследованием поведения частиц с разными спинами и дополнительными характеристиками в явно заданных внешних полях. В основном учитываются электромагнитные поля, в некоторых задачах учитываются и гравитационные поля, которые описываются на языке римановой геометрии пространства–времени. Используются метрики, описывающие простые космологические решения.

В диссертационной работе, проанализированы такие характеристики, как аномальный магнитный момент, электрический дипольный момент, поляризуемость, электрический квадрупольный момент, структура Кокса, внутренний спектр спиновых и массовых состояний. Практически во всех рассмотренных ситуациях анализ доведен до точных аналитических решений.

Очевидно, что эти результаты могут служить основой для дальнейших исследований в данном направлении. Кроме того, результаты могут служить основой для проведения экспериментов по измерению электромагнитных характеристик частиц.

Опубликованность результатов в научной печати

По теме диссертации опубликованы 88 статей в рецензируемых республиканских и зарубежных журналах (без соавторов 10 статей), 29 статей в трудах республиканских и международных конференций, 11 тезисов докладов; изданы 8 монографий (одна без соавторов) и 4 отдельные главы в книгах.

Оценка оформления работы

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Овсюк Е.М. оформлена в соответствии с требованиями ВАК и выполнена на высоком научном уровне. Ее отличает строгий научный стиль изложения, четкость в постановке задач и полученных результатов.

Соответствие научной квалификации соискателя искомой степени

Оценивая полученные автором диссертации результаты, считаю, что Е.М. Овсюк по своей квалификации соответствует искомой степени, а соответствует требованиям, которые предъявляются к работам на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Елене Михайловне

Овсюк может быть присуждена ученая степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Недостатки

По работе, однако, следует сделать следующие замечания.

1. Не все места изложены в одинаковой степени подробно. Есть места, в которых фактически сообщается итоговый результат, хотя, как правило, из ближайшего контекста понятно, что вычисления должны быть аналогичными проводимым выше.

2. Пояснения к рисункам могли бы быть более детальными.

3. Более детальным могло бы быть обсуждение физического содержания полученных аналитических результатов; обсуждения есть, но они, как правило, очень лаконичны.

4. Работа содержит ряд опечаток.

5. Не достаёт связей аналитических результатов вычислений к конкретным значениям дополнительных электромагнитных характеристик.

Тем не менее диссертация, безусловно, соответствует пунктам «Квантовая механика», «Математические методы теоретической физики» паспорта специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Указанные замечания не затрагивают основных выводов данной диссертационной работы и не сказываются на ее общей положительной оценке.

Согласие на публикацию на официальном сайте Института физики НАН Беларуси

Я согласен опубликовать данный отзыв на официальном сайте ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова» НАН Беларуси.

Заключение

Диссертационная работа Е.М. Овсюк «Квантовая механика частиц с внутренней структурой во внешних электромагнитных и гравитационных полях» является законченной работой, выполненной на высоком научном уровне. Результаты и выводы диссертации аргументированы и являются достоверными. Основные полученные результаты и выносимые на защиту положения являются новыми.

Автор диссертации, Овсюк Елена Михайловна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук за следующие результаты.

1. Развита теория частицы со спином $1/2$ и двумя (тремя) массовыми параметрами; 20-компонентный формализм Петраша для частицы со спином $1/2$ и аномальным магнитным моментом обобщен на P -асимметричный случай, описывающий частицу с электрическим дипольным моментом; матричная теория Федорова для частицы со спином 2 обобщена на риманово пространство–время.
2. Для скалярной частицы впервые построены решения для следующих физических систем: частицы с поляризуемостью в магнитном поле, частицы с поляризуемостью в кулоновском поле, частицы с внутренней структурой Дарвина – Кокса при наличии магнитного и кулоновского полей, частицы Дарвина – Кокса в магнитном и электрическом полях на фоне пространства Лобачевского.
3. Для спинорной частицы впервые найдены решения уравнения Паули и Дирака в кулоновском поле на фоне геометрий Лобачевского – Римана; решения уравнения Дирака в поле магнитного заряда в космологических моделях де Ситтера и анти де Ситтера; бозонные решения уравнения Дирака – Кэлера в моделях Лобачевского – Римана; решения уравнения для спинорной частицы с двумя массовыми параметрами во внешнем кулоновском поле.
4. Впервые получены решения уравнения для векторной частицы с аномальным магнитным моментом в магнитном и электрическом полях, решения уравнения для векторной частицы с учетом поля магнитного заряда на фоне пространств постоянной кривизны в нерелятивистском приближении, а также решения для релятивистской векторной частицы в поле Кулона.
5. На основе полученных в диссертации решений для уравнений Шредингера, Дирака, Максвелла и Даффина – Кеммера в квазидекартовых координатах в пространстве Лобачевского впервые разработана процедура геометрического моделирования потенциального барьера, одинаковым образом отражающего все типы частиц; также установлен эффект космологического отражения для полей со спинами $s = 0, 1/2, 1$; показано, что в условиях осциллирующего во времени пространства де Ситтера эффект нестатичности действует независимо от эффекта отражения.
6. Для атома водорода в статических моделях де Ситтера и анти де Ситтера показана сводимость радиальных уравнений к общему уравнению Гойна; впервые найдены решения нерелятивистского

уравнения для векторной частицы в нестатических моделях де Ситтера.

7. Разработан метод геометрического моделирования смешивания нейтринных масс в рамках теории фермиона с тремя массовыми параметрами

Диссертационная работа «Квантовая механика частиц с внутренней структурой во внешних электромагнитных и гравитационных полях», отвечает всем требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук; ее автор, Овсюк Елена Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Профессор кафедры теоретической физики
УО «Гомельский государственный
университет имени Ф. Скорины»,
доктор физ.-мат. наук, профессор

Н.В. Максименко

Подпис *Н. В. Максименко*
ЗАВЯРАЮ
Начальник аддзела кадраў
установа адукацыі "Гомельскі дзяржаўны
універсітэт імя Ф. Скорины"

09.11.2013 *Д. Т. Задичева*

