

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.**

Тематика исследований в диссертации

– теория элементарных частиц с различными значениями спина, основанная на использовании расширенных наборов представлений группы Лоренца; построение точных решений уравнений, учитывающих дополнительные характеристики частиц, во внешних электромагнитных полях; учет неевклидовой геометрии пространства–времени.

Тематика соответствует пунктам «Квантовая механика», «Математические методы теоретической физики» паспорта специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Она 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.

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

Объект исследования: элементарные частицы с дополнительными характеристиками во внешних электромагнитных полях на фоне пространства–времени с римановой геометрией.

Предмет исследования: точные решения уравнений для частиц с разными значениями спина и дополнительными характеристиками во внешних полях.

Содержание диссертации соответствует физико-математическим наукам и специальности 01.04.02 – теоретическая физика.



### Актуальность темы.

Диссертация посвящена развитию теории элементарных частиц на основе использования расширенных наборов представлений группы Лоренца, а также построению точных решений уравнений в неевклидовых пространствах (Лобачевского, Римана, де Ситтера) с учетом внешних электромагнитных полей и дополнительных внутренних характеристик: поляризуемости, аномального магнитного момента, электрического дипольного момента, электрического квадрупольного момента, структуры Дарвина – Кокса, внутреннего спектра спиновых и массовых состояний. При этом внутренние характеристики частиц проявляют себя не только в электромагнитных полях, но и в гравитационных, описываемых как неевклидовость геометрии пространства, что дает дополнительные возможности для исследования геометрической структуры пространства–времени в квантово-механических экспериментах.

Необходимо отметить, что данное обширное исследование проведено в весьма своеобразном стиле, далеком от большинства исследований по теоретической физике. При этом алгоритм, лежащий в его основе, достаточно прост. Без всяких разъяснений физической картины, потребностей эксперимента и возможных приложений в качестве предмета исследования берутся весьма разнообразные уравнения, описывающие поведение частиц различных спинов в различных полях и неевклидовых пространствах. При этом данная тематика закреплена в Государственной программе научных исследований "Конвергенция" и многочисленных проектах Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и весьма широко опубликована.

Касаясь глубинного смысла работы следует отметить, что источником разнообразия и сложности исследуемых уравнений является учет нередко гипотетических свойств элементарных частиц, приводящий к сложной структуре сингулярных точек рассматриваемых уравнений и как следствие к тому, что решения этих уравнений выходят за пределы известного класса гипергеометрических функций, что действительно вызывает значительный научный интерес. Подобные, но не столь разветвленные исследования вели Г. Вейль, Э. Майонара, П. Дирак, В. Паули, Т. Редже, И.М. Гельфанд, В.А. Фок, Ф.И. Фёдоров, А.А. Богуш и ряд известных белорусских ученых. В целом, не смотря на абстрактность использованного подхода, по причине новизны, формальной непротиворечивости и сложности рассматриваемых математических структур он представляет определенный фундаментальный интерес и его результаты могут найти применение при решении широкого круга задач.

Таким образом, тема диссертации Е.М. Овсиюк затрагивает действительно важные проблемы математического аппарата теоретической физики, что позволяет признать её актуальной.



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

Полученные в диссертации результаты являются новыми.

1. Найдены точные решения уравнений для частицы с поляризуемостью в магнитном поле; исследованы решения для частицы с поляризуемостью в кулоновском поле; найдены точные решения для частицы с внутренней структурой Дарвина – Кокса при наличии магнитного и кулоновского полей, решения для частицы Дарвина – Кокса при наличии магнитного и электрического полей на фоне пространства Лобачевского.

2. Найдены точные решения уравнения Паули и Дирака в кулоновском поле на фоне геометрий Лобачевского – Римана и получены соответствующие спектры энергии; найдены решения уравнения Дирака в поле магнитного заряда в космологических моделях де Ситтера и анти де Ситтера.

3. Найдены точные решения уравнения Дирака – Кэлера в моделях Лобачевского – Римана; решения уравнения для спинорной частицы с двумя массовыми параметрами во внешнем кулоновском поле, найдены соответствующие спектры энергии.

4. Найдены точные 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.

5. Найдены точные решения, описывающие связанные состояния релятивистской векторной частицы в поле Кулона, получены аналитические выражения для спектров энергии.

6. На основе построенных решений для уравнений Шредингера, Дирака, Максвелла и Даффина – Кеммера в квазидекартовых координатах в пространстве Лобачевского показано, что эта геометрия эффективно проявляет себя как присутствие потенциала барьерного типа, одинаковым образом отражающего все типы частиц, независимо от их спина и массы.

7. Исследована модель атома водорода в статических моделях де Ситтера и анти де Ситтера; показана сводимость радиальных уравнений к общему уравнению Гойна с 4 регулярными особыми точками.

8. Развита общековариантный матричный формализм Майораны – Оппенгеймера для электромагнитного поля, найдены точные решения этих уравнений на фоне нестатических сферически-симметричных космологических моделей де Ситтера.

9. Выведены нерелятивистские уравнения для частицы со спином 1 в нестатических сферически-симметричных моделях де Ситтера, найдены их точные решения.

10. Исследован метод геометрического моделирования смешивания нейтринных масс в рамках общековариантного уравнения для сложного



фермиона ( $S = 1/2$ ) с тремя массовыми параметрами за счет учета дополнительного члена взаимодействия, зависящего от ненулевого скаляра Риччи.

### **Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Обоснованность и достоверность основных результатов и защищаемых положений определяется использованием адекватных поставленным задачам теоретических подходов и применением надежно апробированных математических методов.

Результаты диссертации прошли апробацию на многих республиканских и международных конференциях.

### **Научная, практическая, социальная и экономическая значимость полученных результатов.**

Полученные результаты могут найти применение при планировании экспериментов по измерению дополнительных характеристик элементарных частиц, а также они могут служить основой для тестирования глобальной структуры пространства в рамках локальных квантово-механических экспериментов.

Результаты могут использоваться в дальнейших исследованиях в данном направлении теоретической физики, в том числе в Государственном научном учреждении «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси», Белорусском государственном университете и других научных центрах.

Рассмотренные в диссертации задачи и методы их решения могут использоваться в учебных курсах по квантовой механике в учреждениях высшего образования Беларуси и за рубежом. Такое использование полученных результатов облегчается наличием изданных монографий на русском и английском языках, их содержание тесно связано с тематикой диссертации.

### **Опубликованность результатов в научной печати.**

По теме диссертации опубликованы 88 статей в рецензируемых республиканских и зарубежных журналах (из них 30 за рубежом); без соавторов 10 статей, 29 статей в трудах республиканских и международных конференций; 11 тезисов докладов; изданы 8 монографий, 4 из них за рубежом, одна книга без соавторов; 4 отдельные главы в книгах.



### **Оценка оформления работы.**

Диссертация включает оглавление, введение, общую характеристику работы, шесть глав, заключение и библиографический список. Общий объем диссертации составляет 263 страницы, объем без учета рисунков, таблиц и библиографии – 217 страниц. Список используемых источников включает 285 наименований. Ссылки на литературные источники приведены в правильном порядке. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Диссертация и автореферат оформлены согласно правилам.

### **Соответствие научной квалификации соискателя искомой степени.**

Ознакомление с текстом диссертации, научными публикациями автора и требованиями ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, позволяет утверждать, что диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

### **Недостатки.**

Во обширном списке рассмотренных комбинаций сортов частиц и полей следовало выделить и рассмотреть более подробно примеры очевидной практической важности. К числу подобных в первую очередь относятся случай скалярной частицы с поляризуемостью в кулоновском поле, случай частицы со спином одна вторая обладающей магнитным и электрическим дипольными моментами, а также случай частицы со спином одна вторая с тремя массовыми состояниями.

Не смотря на наличие в диссертации соответствующих ссылок, в ней вообще не рассматривается частица со спином одна вторая, обладающая спиновой поляризуемостью (гирацией), которая может не только оказывать влияние на эволюцию спина совместно с аномальным магнитным моментом, но и превосходить последний по масштабу этого влияния.

В то же время обширное рассмотрение задач описания поведения частиц со спином один и два, а также частиц с произвольным спином в пространствах Римана, Лобачевского и де Ситтера следовало предварить поиском их возможных проявлений в природе.

В диссертации также упущена уникальная возможность использовать полученные решения для анализа новых эффектов в эволюции спина и других поляризационных характеристик частиц в рассмотренных полях и неевклидовых пространствах.

Указанные недостатки не затрагивают полученных в диссертационной работе математических результатов.



### Заключение.

Диссертационная работа Е.М. Овсиюк «Квантовая механика частиц с внутренней структурой во внешних электромагнитных и гравитационных полях» является законченной работой, выполненной на высоком научном уровне. Основные результаты диссертации аргументированы и являются достоверными.

Автор диссертации, Овсиюк Елена Михайловна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук за:

1. Точные решения уравнений для частицы с поляризуемостью в магнитном поле; решений для частицы с внутренней структурой Дарвина – Кокса при наличии магнитного и кулоновского полей, решения для частицы Дарвина – Кокса при наличии магнитного и электрического полей в пространстве Лобачевского.

2. Точные решения уравнений Паули и Дирака в кулоновском поле на фоне геометрий Лобачевского – Римана и получение соответствующих спектров энергии; решения уравнений Дирака в поле магнитного заряда в космологических моделях де Ситтера и анти де Ситтера.

3. Точные решения уравнения Дирака – Кэлера в моделях Лобачевского – Римана; решения уравнения для спинорной частицы с двумя массовыми параметрами во внешнем кулоновском поле, нахождение соответствующих спектров энергии.

4. Точные решения уравнения для векторной частицы с аномальным магнитным моментом в магнитном и электрическом полях, точные решения уравнения для векторной частицы с учетом поля магнитного заряда на фоне пространств постоянной кривизны в нерелятивистском приближении.

5. Точные решения, описывающие связанные состояния релятивистской векторной частицы в поле Кулона и установление соответствующих спектров энергии.

6. Нахождение точных решений для уравнений Шредингера, Дирака, Максвелла и Даффина – Кеммера в квазидекартовых координатах в пространстве Лобачевского и доказательство того, что эта геометрия эффективно действует как присутствие потенциала барьерного типа, одинаковым образом отражающего все типы частиц, независимо от их спина и массы.

7. Исследование модели атома водорода в статических моделях де Ситтера и анти де Ситтера и сведение радиальных уравнений к общему уравнению Гойна с 4 регулярными особыми точками.

8. Развитие общековариантного матричного формализма Майораны – Оппенгеймера для электромагнитного поля и построение на этой основе точных решений для электромагнитного поля на фоне нестатических сферически-симметричных космологических моделей де Ситтера.

9. Вывод нерелятивистских уравнений для частицы со спином 1 в нестатических сферически-симметричных моделях де Ситтера и анти де Ситтера и построение их точных решений.

10. Разработку метода геометрического моделирования смешивания нейтринных масс в рамках общеквариантного уравнения для сложного фермиона ( $S = 1/2$ ) с тремя массовыми параметрами за счет учета члена взаимодействия, зависящего от ненулевого скаляра Риччи.

Диссертационная работа «Квантовая механика частиц с внутренней структурой во внешних электромагнитных и гравитационных полях» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к работам на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Ее автор, Елена Михайловна Овсиюк, заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Тихомиров Виктор Васильевич,



доктор физико-математических наук, профессор,  
главный научный сотрудник отраслевой лаборатории  
радиационной безопасности Института ядерных проблем  
Белорусского государственного университета

