

Заключение диссертационного совета МГУ.01.06  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «26» декабря 2019 г. № 12

О присуждении Егорову Вадиму Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Квантовое теоретико-полевое описание процессов, происходящих на конечных пространственных и временных интервалах» по специальности 01.04.02 — «Теоретическая физика» принята к защите диссертационным советом 21 ноября 2019 г., протокол № 9.

Соискатель Егоров Вадим Олегович 1992 года рождения, в 2016 году окончил физический факультет ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова». С 2016 г. соискатель является аспирантом кафедры атомного ядра и квантовой теории столкновений, срок окончания аспирантуры — 2020 г.

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель работает в должности программиста 1 категории в Научно-исследовательском институте ядерной физики имени Д.В. Скобельцына ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Лаборатория электрослабых и новых взаимодействий.

Диссертация выполнена на кафедре физики атомного ядра и квантовой теории столкновений физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель — доктор физико-математических наук Волобуев Игорь Павлович, ведущий научный сотрудник лаборатории теории поля Отдела теоретической физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В.Скобельцына ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Официальные оппоненты:

1. Арбузов Андрей Борисович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория теоретической физики имени Н.Н. Боголюбова, начальник сектора № 5 научного отдела теории фундаментальных взаимодействий,

2. Лобанов Андрей Евгеньевич, доктор физико-математических наук, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», физический факультет, ведущий научный сотрудник кафедры теоретической физики (в процессе перевода на должность главного научного сотрудника);
3. Тернов Алексей Игоревич, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры теоретической физики

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 4 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 01.04.02 — «теоретическая физика»:

1. **Egorov V. O.**, Volobuev I. P. Neutrino oscillation processes in a quantum-field-theoretical approach // *Physical Review D*. — 2018. — Vol. 97. — No. 9. — P. 093002. (**IF WoS 4.368**).
2. Волобуев И. П., **Егоров В. О.** Процессы нейтринных осцилляций с изменением лептонного аромата в квантовом теоретико-полево́м подходе // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. — 2019. — Т. 155. — № 5. — С. 839–846 (**ИФ РИНЦ 0.465**); Volobuev I. P., **Egorov V. O.** Neutrino Oscillation Processes with a Change of Lepton Flavor in Quantum Field-Theoretical Approach // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. — 2019. — Vol. 128. — No. 5. — P. 713–719. (**IF WoS 1.119**)
3. Волобуев И. П., **Егоров В. О.** Квантовое теоретико-полево́е описание процессов, происходящих на конечных пространственных и временных интервалах // *Теоретическая и математическая физика*. — 2019. — Т. 199. — № 1. — С. 104–122; (**ИФ РИНЦ 0.339**); Volobuev I. P., **Egorov V. O.** Quantum field theory description of processes passing at finite space and time intervals // *Theoretical and Mathematical Physics*. — 2019. — Vol. 199. — No. 1. — P. 562–576. (**IF WoS 0.901**)
4. **Egorov V. O.**, Volobuev I. P. Coherence length of neutrino oscillations in quantum field-theoretical approach // *Physical Review D*. — 2019. — Vol. 100. — No. 3. — P. 033004. (**IF WoS 4.368**).

В установленные сроки дополнительных отзывов на диссертацию и автореферат не поступило.

Выбор официальных оппонентов обосновывался высоким уровнем их компетентности в области квантовой теории поля и физики нейтрино, а также наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, в частности публикаций за последние пять лет, список которых был представлен диссертационному совету.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработан новый квантовый теоретико-полевой подход, позволяющий описывать процессы, происходящие на конечных пространственно-временных интервалах, в рамках модифицированного пертурбативного метода матрицы рассеяния. Продемонстрирована применимость нового метода для описания различных типов таких процессов. Во-первых, рассмотрен распад нестабильной скалярной частицы на фиксированном макроскопическом расстоянии от источника. Во-вторых, рассчитаны вероятности процессов осцилляций нейтрино, где нейтрино рождается либо в трехчастичном распаде через взаимодействие со слабым заряженным током ядра, либо в двухчастичном распаде пиона, а детектируется через взаимодействие только со слабым заряженным током ядра или одновременно со слабыми заряженным и нейтральным токами электрона. В-третьих, предлагаемый подход применен для описания осцилляций странных нейтральных мезонов. Показано, что развиваемый способ описания позволяет просто и последовательно воспроизвести хорошо известные результаты для вероятностей этих процессов. Также в рассматриваемом подходе изучены эффекты локализации и когерентности в процессах осцилляций нейтрино. Поскольку все участвующие в этих процессах частицы считаются имеющими определенный импульс, декогеренция может быть следствием разброса рожденных нейтрино по импульсам и спектральной характеристики процесса регистрации. В диссертации найдена длина когерентности осцилляций нейтрино в новом подходе и проведено сравнение механизма ее возникновения и численных значений с результатами стандартного описания. А именно, показано, что учитываемый в данном подходе источник затухания осцилляций приводит к значительно меньшим длинам когерентности, чем квантово-механическая неопределенность импульса, рассматриваемая в стандартных подходах с использованием волновых пакетов, т.е. оказывает доминирующий эффект. Развитый метод позволяет легко и, что немаловажно, последовательно воспроизвести основные экспериментально подтвержденные результаты стандартного квантово-механического описания в терминах плоских волн.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Процессы, происходящие на конечных пространственно-временных интервалах, могут быть последовательно описаны в рамках квантовой теории поля с помощью нового пертурбативного подхода, основанного на технике диаграмм Фейнмана в координатном представлении, дополненной модифицированными правилами перехода к импульсному представлению, которые учитывают условия экспериментов по наблюдению таких процессов.
2. Вычисленная в рамках разработанного подхода в приближении малых масс нейтрино вероятность процессов осцилляции нейтрино, в которых нейтрино детектируется через взаимодействие только со слабым заряженным током, представляется в виде произведения дифференциальной вероятности рождения безмассового флейворного состояния нейтрино с импульсом, направленным от источника к детектору, вероятности взаимодействия этого состояния нейтрино в детекторе и стандартного зависящего от расстояния осциллирующего фактора. В то же время в процессах, где регистрация осуществляется через взаимодействие одновременно с заряженным и нейтральным токами, осциллирующие факторы остаются включенными в выражение для вероятности процесса детектирования.
3. Вид осцилляционной картины, найденной в разработанном подходе с помощью численных расчетов, зависит как от процесса рождения, так и от процесса детектирования нейтрино, причем осцилляционная картина затухает с расстоянием. Длина когерентности осцилляций нейтрино, рожденных в трехчастичных распадах, вследствие разброса этих нейтрино по импульсам оказывается много меньше длины, предсказываемой на основе квантовой неопределенности импульса нейтрино в стандартном квантово-механическом подходе.
4. Вычисленная в рамках нового подхода вероятность процесса осцилляции нейтральных каонов факторизуется на дифференциальную вероятность рождения короткоживущего каона с импульсом, направленным от источника к детектору, вероятность распада этой частицы на два пиона и стандартный множитель, представляющий собой сумму зависящих от времени осциллирующих и экспоненциально затухающих членов.

На заседании 26 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Егорову В. О. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета (дополнительно

введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за — 18, против — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель  
диссертационного совета МГУ.01.06,  
профессор

Садовников Б.И.

Ученый секретарь  
диссертационного совета МГУ.01.06  
профессор

Поляков П.А.

26 декабря 2019 г.