

**Отзыв научного руководителя о диссертационной работе
Личкунова Алексея Андреевича «Нейтрино в теориях с аксионо-подобными
частицами», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.3 «Теоретическая физика»**

Настоящая диссертационная работа посвящена развитию теоретического аппарата для исследования осцилляций нейтрино при распространении в различных внешних условиях. Помимо наличия внешней среды и магнитного поля учитываются также возможные эффекты от взаимодействия нейтрино с гипотетическими аксионо-подобными частицами. Актуальность проведенного исследования обусловлена тем, что исследованию возможных эффектов, связанных с аксионо-подобными частицами, в настоящее время уделяется значительное внимание как теоретиками, так и экспериментаторами. Полученные Алексеем Андреевичем результаты также представляют интерес в свете развития нейтринной астрофизики. В настоящее время активно функционирует и готовится к запуску целый ряд экспериментальных установок, ориентированных на детектирование нейтрино астрофизического происхождения. Ключевыми объектами для изучения при этом выступают нейтринные потоки от вспышек сверхновых, а также высокоэнергетические нейтрино внегалактического происхождения. При этом, как показано в настоящей работе, эффекты взаимодействия нейтрино с аксионо-подобными частицами могут оказать заметное влияние на детектируемые потоки нейтрино.

Исследовательская деятельность Алексея Андреевича в области физики нейтринных осцилляций в присутствии аксионо-подобных частиц началась в период его обучения в магистратуре на кафедре теоретической физики физического факультета МГУ. На этом этапе им был проведён глубокий анализ обширной научной литературы по физике нейтрино и аксионо-подобных частиц, что не только позволило ему успешно защитить магистерскую квалификационную работу, но и заложило прочный теоретический фундамент для последующего диссертационного исследования.

В диссертационной работе Алексея Андреевича предложен и развит новый теоретический подход к описанию осцилляций нейтрино в присутствии среды аксионо-подобных частиц, основанный на механизме рассеяния нейтрино на таких частицах. В рамках данного подхода получены явные аналитические выражения для вероятностей флейворных и спин-флейворных осцилляций нейтрино. Кроме того, проведено численное решение уравнений эволюции для майорановских нейтрино при совместном действии магнитного поля, вещества и среды из аксионо-подобных частиц. Также важным направлением работы стало обоснование и развитие оригинального подхода к описанию квантовой декогеренции нейтрино, возникающей вследствие взаимодействия с классическим полем аксионо-подобных частиц. Предложенная диссипативная матрица выведена строго из теоретических соображений, что выгодно отличает проведенное в диссертации исследование от стандартных феноменологических подходов. Указанные результаты позволяют получить новые ограничения на параметры взаимодействия нейтрино с аксионо-подобными частицами, используя известные эмпирические ограничения на величину декогеренции.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Объём диссертации составляет 96 страниц, она включает 13 рисунков. Список литературы состоит из 158 наименований.

В первой главе проведён достаточно полный обзор современных теоретических представлений о нейтрино, аксионах и аксионо-подобных частицах. В частности, рассмотрены процессы осцилляций нейтрино в вакууме и веществе, а также вопросы, связанные с нарушением СР-инвариантности в осцилляциях нейтрино. Кроме того, приведён

краткий обзор электромагнитных свойств нейтрино. При описании аксионо-подобных частиц особый акцент сделан на свойствах майоронов.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию флейворных осцилляций нейтрино в присутствии классических полей аксионо-подобных частиц, а также среды, состоящей из майоронов. Важным результатом является вывод о том, что майороны не изменяют угол смешивания, но оказывают влияние на длину осцилляций нейтрино.

Третья глава содержит обобщение теории спиновых и спин-флейворных осцилляций нейтрино в веществе и магнитном поле с учётом возможного взаимодействия с майоронами. Показано, что при наличии среды из майоронов не только сдвигается резонансная плотность частиц (электронов) внешней среды, но возникают дополнительные новые резонансные области.

Особого внимания заслуживает четвёртая глава, в которой исследовано влияние флуктуаций полей аксионо-подобных частиц на квантовую декогеренцию нейтрино. Полученные результаты, включая наличие недиагональных элементов в диссипативной матрице, а также оценки на константы взаимодействия, полученные с использованием данных эксперимента KamLAND, имеют важное теоретическое и практическое значение.

Все результаты, представленные в диссертационной работе, получены Алексеем Андреевичем лично, что свидетельствует о его глубоком понимании физики нейтрино, физики аксионо-подобных частиц, а также методов современной квантовой теории поля. Выносимые на защиту научные положения являются обоснованными и достоверными, их новизна не вызывает сомнений. Полученные результаты открывают перспективы для дальнейших исследований и могут быть использованы при анализе данных современных нейтринных экспериментов, таких как JUNO, Baikal-GVD и KM3NeT. Основные результаты диссертации опубликованы в восьми печатных работах в рецензируемых изданиях, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus (в том числе в журналах первого квартиля, Q1), и неоднократно докладывались на международных научных конференциях.

Всё вышесказанное свидетельствует о высоком научном уровне диссертационной работы, выполненной Алексеем Андреевичем. Диссертация удовлетворяет всем критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, и может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 «Теоретическая физика» в диссертационном совете.

Научный руководитель, профессор кафедры физики частиц
и экстремального состояния материи,
главный научный сотрудник кафедры теоретической физики
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор

А.И.Студеникин

Подпись профессора Студеникина А.И. заверяю
Ученый секретарь Ученого Совета
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
профессор

С.Ю.Стремоухов

12 декабря 2025 года