

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук Чухновой Александры**  
**Владимировны**  
**на тему: «Квантовополевое описание влияния вещества и**  
**электромагнитного поля на распространение нейтрино»**  
**по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика»**

Диссертация посвящена описанию распространения нейтрино в среде и во внешнем электромагнитном поле с использованием формализма квантовой теории поля. Интерес к выбранной теме работы обусловлен неполнотой Стандартной модели физики частиц, выявленной в измерении потоков солнечных и атмосферных нейтрино. В настоящее время наблюдения, указывающие на необходимость расширения Стандартной модели для описания смешивания нейтрино различных типов проведены как с реакторными нейтрино, так и в экспериментах с длинной базой, в которых используются нейтринные пучки от ускорителей. Большой интерес к физике нейтрино определяет дальнейшее развитие таких масштабных проектов как BAIKAL, DUNE, T2K. Таким образом, необходимость теоретического описания нейтринных осцилляций не вызывает сомнений, а тема диссертации является актуальной.

Для феноменологического описания осцилляций нейтрино в лагранжиан добавляется недиагональная массовая матрица, происхождение которой определяется соответствующим расширением Стандартной модели физики частиц. Возникающая при этом иерархия между массами нейтрино и массами заряженных лептонов объясняется новой физикой. Далее проводится диагонализация матрицы и анализируются вероятности перехода с учетом полученных углов смешивания. В диссертации предлагается более строгий подход, основанный на построении квазиклассического приближения для эволюции пучка нейтрино. Это позволяет описать

флейворные осцилляции и сделать новые предсказания для распространения нейтрино в веществе и внешнем электромагнитном поле. В частности, получены новые результаты для распространения нейтрино в среде, находящейся во внешнем электромагнитном поле.

Работы, на основе которых написана диссертация, опубликованы в различных, в том числе ведущих в области физики частиц журналах, что демонстрирует достоверность полученных результатов. Были подготовлены доклады на различных всероссийских и международных конференциях.

Диссертация состоит из введения, пяти глав основного текста, двух приложений и списка литературы из 139 ссылок. Полный объем диссертации 126 страниц, 12 рисунков.

Первая глава посвящена построению пространства Фока для нейтрино с определенном флейвором в квантовой теории поля. Для описания эволюции нейтрино в вакууме было построено квазиклассическое приближение и выведено основное уравнение, описывающее осцилляции.

Во второй главе разобрана двухфлейворная модель для вычисления вероятности спин-флейворных переходов в среде. Изучен оператор эволюции и его коммутаторы с массовой матрицей. Обнаружены и проанализированы корреляции между поворотом спина и флейвора в плотной среде.

В третьей главе исследовано распространение нейтрино в однородном электромагнитном поле в приближении двух флейворов с учетом переходных магнитных моментов.

В четвертой главе изучена возможность резонансного характера спин-флейворных переходов во внешнем переменном электромагнитном поле. В среде резонансные переходы имеют важную роль для описания осцилляций солнечных нейтрино. Это явление получило название эффекта Михеева-Смирнова-Вольфенштейна. Было показано, что в случае внешнего электромагнитного поля поведение нейтрино существенно зависит от угла между направлением спина и направлением магнитного поля.

В пятой главе изучено взаимодействие нейтрино одновременно как с плотной средой, так и с электромагнитным полем. Анализируется трудность, связанная с определением эффектов от Т-неинвариантных вкладов при наличии внешних условий.

Положения, выносимые на защиту, сформулированы во Введении, а основные результаты представлены в Заключение.

Таким образом, диссертация является законченным научным исследованием и в рамках обозначенной модели замечаний по содержательной части у меня нет. С другой стороны, физика нейтрино достаточно динамично развивается и возникают предложения о различных пополнениях теории, в том числе относительно легкими частицами, для объяснения, например, природы темной материи. Одно из таких предложений связано с гипотезой о существовании стерильных нейтрино и может быть проверено с использованием будущих экспериментов в физике частиц. Было бы интересно увидеть предсказания для феноменологии стерильных нейтрино на основе разработанного подхода для описания осцилляций нейтрино в рамках квантовой теории поля.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3. – «теоретическая физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Чухнова Александра Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика».

Официальный оппонент:

Кандидат физико-математических наук,  
Старший научный сотрудник  
Отдела теоретической физики  
Института ядерных исследований РАН

Нугаев Эмин Яткярович

Контактные данные:

тел.: 7(915)2441491, e-mail: emin@inr.ac.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

01.04.02 – Теоретическая физика

Адрес места работы:

117312, Москва г. пр-т 60-летия Октября, 7а,  
ИЯИ РАН, ОТФ  
Тел.: +7(499)1357760; e-mail: emin@inr.ac.ru

Подпись сотрудника ИЯИ РАН

Э.Я. Нугаева удостоверяю:

Директор ИЯИ РАН,  
д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН

М.В.Либанов