

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»

В настоящее время физика нейтрино является быстро развивающейся областью науки. В ней появились новые направления исследований, такие как, например, нейтринная астрономия и нейтринная геофизика. И практически во всех этих исследованиях при интерпретации результатов экспериментов необходим учет осцилляций нейтрино.

Осцилляции нейтрино обычно описываются в рамках квантовой механики в терминах так называемых флейворных состояний нейтрино, являющихся суперпозициями состояний нейтрино с определенной массой. Однако уже давно отмечено, что такое описание является непоследовательным хотя бы потому, что оно не учитывает спиновые свойства нейтрино. Поэтому развитие строгих квантовополевых методов описания осцилляций нейтрино и их приложения для вычислений характеристик конкретных процессов является очень важной задачей.

В рецензируемой диссертации используется квантовый теоретико-полевой подход, основанный на явном построении пространства Фока для флейворных состояний, который позволяет дать строгое описание осцилляций нейтрино с помощью стандартных методов и уравнений квантовой теории поля и точно учесть спиновые эффекты. В рамках этого подхода автор исследует поведение нейтрино в среде и электромагнитном поле. Поэтому тема диссертации, несомненно, является актуальной.

Диссертация состоит из введения, пяти глав основного содержания, заключения, двух приложений и списка литературы.

Во введении сделан очень подробный и интересный исторический обзор физики нейтрино, отмечены возникающие в рамках стандартного квантово-механического описания осцилляций проблемы, и кратко сформулирован используемый в диссертации метод их решения.

В первой главе дано подробное описание используемого в диссертации квантовополевого формализма, в частности, рассмотрены построение пространства Фока для флейворных состояний и соответствующее обобщение Стандартной модели. Затем приведен вывод уравнения для волновой функции мультиплета нейтрино в среде в низшем порядке теории возмущений с помощью уравнения Дирака-Швингера. Дополняя это уравнение членами взаимодействия нейтрино с электромагнитным полем за счет наличия у него аномальных магнитных и электрических моментов, в том числе и переходных, автор получает уравнение, описывающее распространение нейтрино в веществе в присутствии электромагнитного поля, которое, в отличие от стандартного квантовомеханического описания, способно описывать не только высокоэнергетические нейтрино, но и низкоэнергетические реликтовые. На основе этого уравнения выведено уравнение эволюции в квазиклассическом приближении, которое лежит в основе описания всех рассматриваемых в дальнейшем процессов.

Вторая глава посвящена исследованию распространения ультрарелятивистских нейтрино в среде в приближении двух флейворов. С помощью полученного в предыдущей главе уравнения автор находит в квазиклассическом приближении вероятности спин-флейворных переходов, а также вычисляет соответствующие частоты и длины осцилляций. При этом важным моментом является учет движения и поляризации среды. В частности, автором впервые найдено, что эффект поворота спина наиболее

сильно проявляется при почти совпадающих по направлению скоростях движения среды и нейтрино.

В третьей главе диссертации рассматривается распространение нейтрино в постоянном электромагнитном поле в приближении двух флейворов с учетом диагональных и переходных магнитных моментов. В квазиклассическом приближении найдены точные решения для волновой функции нейтрино, аналогичные решениям в среде и показано, что при наличии у нейтрино переходных магнитных моментов появляется эффективный угол смешивания нейтрино, аналогично тому, как это происходит в среде.

В четвертой главе диссертации распространение нейтрино в постоянном неоднородном магнитном поле рассматривается в адиабатическом приближении. Здесь сформулировано условие адиабатичности процесса осцилляций, получены формулы вероятностей переходов и найдено условие присутствия в них резонансного поведения. Также обсуждаются осцилляции для трех флейворов нейтрино в случае равенства нулю переходных магнитных моментов. В качестве примера применения полученных формул рассмотрено распространение нейтрино в магнитном поле точечного диполя, которое может рассматриваться как аппроксимация магнитных полей астрофизических объектов.

Пятая глава посвящена исследованию самого общего случая, когда нейтрино распространяется в среде в присутствии электромагнитного поля. Для этого случая изучено поведение вероятности осцилляций при отражении времени и показано, что в среде и электромагнитном поле возможно нарушение Т-инвариантности даже в приближении двух флейворов, когда матрица смешивания является действительной.

Единственным недостатком диссертации представляется рассмотрение всех эффектов только для моноэнергетических нейтрино, хотя хорошо

известно, что дисперсия энергии нейтрино может существенно менять картину осцилляций.

Это замечание не влияет на общую высокую оценку работы. В целом, диссертация А.В.Чухновой представляет собой серьезное исследование сложной и актуальной научной проблемы, выполненное на уровне лучших мировых стандартов. Полученные в диссертации результаты либо значительно уточняют результаты сделанных ранее расчетов, либо являются принципиально новыми и представляют большой интерес для описания экспериментов по осцилляциям нейтрино. Достоверность результатов обусловлена использованием строгих и хорошо проверенных методов квантовой теории поля и подтверждается их совпадением в частных или предельных случаях с имеющимися в научной литературе.

Эти результаты хорошо известны специалистам и пользуются заслуженным признанием. Они могут быть использованы в исследованиях, проводимых в НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, ИЯИ РАН, ИФВЭ, ФИАН и других институтах, ведущих исследования в области физики нейтрино.

Поэтому можно заключить, что несмотря на отмеченный недостаток диссертация А.В.Чухновой 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:

доктор физ.-мат. наук,

ведущий научный сотрудник ОТФВЭ НИИЯФ,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

И.П. Волобуев

Контактные данные:

тел.: +7(495)9393572, e-mail: volobuev@theory.sinp.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация: 01.04.02 – теоретическая физика

Адрес места работы:

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына

Тел.: +7(495)9393572, e-mail: volobuev@theory.sinp.msu.ru

Подпись сотрудника НИИЯФ МГУ

И.П. Волобуева удостоверяю:

Секретарь Ученого совета НИИЯФ МГУ

к.ф.-м.н.

Е.А. Сигаева