

УТВЕРЖДАЮ

Директор Объединенного института
ядерных исследований
академик РАН, профессор В.А. Матвеев



[Handwritten signature]

августа 2016 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Добрыниной Александры Алексеевны
«Свойства массивного нейтрино в условиях замагниченной плазмы»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

В диссертации А.А. Добрыниной изучаются квантовые характеристики нейтрино в магнитном поле и электрон-позитронной плазме с экстремальными параметрами, которые реализуются в таких астрофизических объектах, как магнитары — нейтронные звезды с чрезвычайно мощным магнитным полем, или оболочки сверхновых.

Диссертация объемом в 126 страниц, состоит из введения, основной части, содержащей три главы, заключения и трех приложений. В работу включено 9 рисунков. Список цитируемой литературы содержит 191 наименование.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, даются общие характеристики и краткий обзор диссертационной работы. Каждая глава также сопровождается небольшим введением и заключением.

Первая глава посвящена детальному анализу радиационного распада массивного стерильного нейтрино на активное нейтрино и фотон в условиях как чистой (без магнитного поля), так и сильно замагниченной электронной плазмы при учете изменения закона дисперсии фотона в активной среде. Проводится сравнительный анализ вероятности распада в сильно замагниченной плазме и чистой плазме в случае малых скоростей Ферми электронов. Показано, что плазма оказывает сильное катализирующее воздействие на вероятность распада стерильного нейтрино. Для электронной

плазмы, когда влиянием магнитного поля можно пренебречь, увеличение вероятности распада по сравнению с вакуумным значением примерно на порядок превосходит аналогичное увеличение в сильно замагниченной плазме.

Во второй главе изучается вершинная функция виртуального нейтрино, взаимодействующего с мягкими фотонами, полученная из выражения для собственно-энергетического оператора массивного нейтрино в слабом внешнем электромагнитном поле. Вычисления проводились в рамках Стандартной модели взаимодействий частиц в произвольной R_ξ -калибровке с учетом вклада заряженного скаляра, в предположении отсутствия CP-нарушения в лептонном секторе. Электромагнитные характеристики реального нейтрино, в частности магнитный момент, получаются как предельные значения формфакторов вычисленной вершинной функции. Меньшая часть магнитного момента нейтрино определяет поправку к вероятности распада тяжелого массивного нейтрино на W -бозон и заряженный лептон. Указано, что в окрестности порога реакции эта поправка становится сравнимой с вакуумным вкладом, что означает неприменимость теории возмущений, использованной в расчетах, в этой кинематической области.

В третьей главе вычисляется собственно-энергетический оператор нейтрино во внешнем магнитном поле произвольной напряженности вплоть до критического значения магнитного поля, определяемого W -бозоном, при произвольном соотношении между массами нейтрино, W -бозона и заряженного лептона. Исходя из результата для собственно-энергетического оператора нейтрино получены выражения для дополнительной энергии и магнитного момента нейтрино, находящегося во внешнем магнитном поле. Вычислена вероятность распада массивного нейтрино на W -бозон и заряженный лептон в скрещенном электромагнитном поле как предельный случай полученных выражений при условии, что динамический параметр стремится к нулю. Проводится детальное сравнение с аналогичными расчетами, представленными в работах других авторов.

В приложении А сформулированы основные результаты диссертации.

В приложении В представлен ковариантный формализм, которым удобно пользоваться при проведении вычислений квантовых процессов во внешнем магнитном поле, а также приведены основные свойства оператора проекции спина фермиона на направление магнитного поля.

В приложении Б дан развернутый анализ вкладов от векторного и аксиально-векторного токов в амплитуду радиационного распада стерильного нейтрино в электронной плазме в отсутствие внешнего магнитного поля.

В приложении В приведены аналитические выражения для вероятности радиационного распада стерильного нейтрино в релятивистской сильно замагниченной электронной плазме.

Практическая ценность диссертации состоит в том, что представленные в ней результаты могут найти дальнейшее применение в теоретических исследованиях в области астрофизики и физики элементарных частиц, когда изучаемые частицы находятся под воздействием внешней активной среды.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием хорошо апробированных методов квантовой теории поля и физики элементарных частиц, развитых как для вакуума, так и для внешней активной среды, а также сравнением представленных в диссертации результатов с известными в литературе результатами, полученными с использованием других вычислительных методик или как предельные значения параметров среды. Немаловажно отметить, что диссертация А.А. Добрыниной является продолжением большого цикла работ авторитетной группы ярославского университета – одного из лидеров данного научного направления в России.

Основные результаты работы являются оригинальными и обоснованными. Они представлялись на отечественных и международных конференциях. Автор докладывал результаты исследований на научных семинарах теоретического отдела ФГБУ «ГНЦ РФ ИТЭФ», Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ и кафедры теоретической физики ЯрГУ им. П.Г. Демидова. Представленные в диссертации результаты опубликованы в 5 работах в изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в базы данных Web of Science и Scopus.

По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания:

1. При изучении радиационного распада массивного стерильного нейтрино рассмотрена слишком упрощенная модель, в которой стерильное нейтрино смешивается с активным нейтрино только одного аромата. В более реалистичной модели следовало бы учесть возможность смешивания с активными нейтрино всех трех известных типов и изучить влияние такого смешивания на вероятность распада. Хотя такое рассмотрение было бы довольно громоздким, оно не потребовало бы разработки новых методов расчета по сравнению с использованными в диссертации. Это замечание относится и к другим разделам диссертации, где учет 3ν - или 4ν -смешивания был бы более чем уместен.
2. Распад массивного стерильного нейтрино изучается в двух предельных по отношению к магнитному полю случаях: (а) электроны плазмы не чувствуют магнитного поля и (б) все электроны находятся на основном уровне Ландау. Последний случай представляется достаточно экзотическим даже для астрофизических объектов, обладающих экстремальным магнитным полем. Был бы очень полезным узнать насколько сильно влияние электронов, находящихся на первом и более

высоких уровнях Ландау, на вероятность радиационного распада стерильного нейтрино.

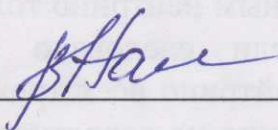
Сделанные замечания в целом не снижают ценность проделанной работы.

Представленные в работе результаты своевременно и полностью опубликованы в научных журналах, входящих в список рекомендованных ВАК научных изданий. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация А.А. Добрыниной «Свойства массивного нейтрино в условиях замагниченной плазмы» отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – А.А. Добрынина – бесспорно заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Данный отзыв составлен по итогам обсуждения доклада А.А. Добрыниной по материалам её диссертации на семинаре Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ, проведенном 17 июня 2016 года.

Отзыв составил
кандидат физико-математических наук,
начальник сектора нейтринной физики
ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ



Наумов Вадим Александрович

141980, Дубна, Московская область,
ул. Жолио-Кюри 6
ОИЯИ, ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова
E-mail: vnaumov@theor.jinr.ru
тел. +7(496-21) 62319

Директор ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ,
доктор физико-математических наук, профессор



Воронов Виктор Васильевич