



«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора ИЯИ РАН по науке,  
к.ф.-м.н.

Рубцов Г. И.  
2014 г.

### Отзыв ведущей организации

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт ядерных исследований Российской академии наук на  
диссертацию Аникина Романа Анатольевича "Электромагнитные  
эффекты нейтрино в активной среде", представленную на соискание  
ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 01.04.02 - теоретическая физика.**

Диссертационная работа Аникина Р. А. посвящена изучению ряда электрослабых процессов с участием массивного дираковского нейтрино во внешней активной среде. Задача выяснения влияния сильных внешних полей а также плотной среды при высокой температуре на протекание ряда физических процессов безусловно является весьма актуальной. Подобные условия могут возникать, например, в астрофизических объектах, в частности, в звездах и пульсарах, и, кроме того, на ранних этапах эволюции Вселенной. Процессы с участием нейтрино оказываются особенно важными для некоторых приложений; в ряде случаев, например, при взрывах сверхновых, именно они могут оказаться определяющими при описании физических явлений.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав основного текста, заключения и списка литературы.

Во введении сделан краткий обзор изучения влияния внешней активной среды, а именно горячей плазмы или внешнего магнитного поля, на процессы с участием нейтрино. Также в нем обсуждается влияние таких явлений на процессы, происходящие в звездах и, в частности, при взрыве сверхновых, представлен обзор литературы по этой теме, сформулированы цели работы и описана общая структура диссертации.

В первой главе изучается влияние внешней среды на магнитные свойства дираковского нейтрино, а именно на его магнитный момент. Здесь обсуждается общая структура собственно-энергетического оператора нейтрино и его связь с энергией нейтрино во внешнем поле. Показано, что только вполне определенная структура в этом операторе представляет собой вклад в энергию за счет магнитного момента нейтрино. В этой главе проведено вычисление этого вклада в собственно-энергетический оператор нейтрино в низшем порядке теории возмущений в пределе когда массы массивных векторных бозонов являются самыми большими параметрами задачи и



получено выражение для индуцированного магнитного момента нейтрино в ультрарелятивистской плазме. Показано, что этот вклад оказывается подавленным массой нейтрино.

Во второй главе обсуждается влияние магнитного момента дираковского нейтрино на динамику взрыва сверхновых, в частности, на передачу оболочке сверхновой энергии, необходимой для взрыва. Здесь вычислена дополнительная энергия левого нейтрино в веществе оболочки сверхновой в зависимости от концентрации протонов и нейтронов. Роль магнитного момента нейтрино сводится к появлению дополнительных переходов между левыми и (стерильными) правыми нейтрино в магнитном поле сверхновой. Показано, что при определенном соотношении между концентрациями протонов и нейтринов такие переходы могут усиливаться, т.е. может возникать резонансная конверсия. Проанализирована временная эволюция нейтринного потока во время взрыва и показано, что при достаточно больших значениях магнитного поля и при определенных величинах магнитного момента нейтрино за счет резонансных переходов левых нейтрино в правые возможно ослабление начального пика интенсивности нейтринного потока. На основе проведенного анализа предсказана возможность существования пульсирующих источников нейтрино.

В третьей главе рассмотрен процесс испускания фотона нейтрино, который может происходить во внешнем магнитном поле, за счет изменения дисперсионного соотношения фотона. Был учтен вклад позитрония в поляризационный оператор фотона и его дисперсионное соотношение, и оказалось, что его вклад приводит к значительному усилению радиационного распада нейтрино в сильном магнитном поле. Также в этой главе обсуждаются энергетические потери нейтрино за счет этого процесса.

В заключении сформулированы основные результаты, выносимые на защиту.

Хотелось бы высказать несколько замечаний. В начале главы 3 отмечено, что такие частицы как аксионы и другие Намбу-Голдстоуновские бозоны практически нечувствительны к влиянию среды. Однако это замечание не совсем справедливо и нуждается в уточнении: в качестве контрпримера можно привести возможное превращение аксиона в фотон во внешнем магнитном поле. Также в этой главе имеется неточность в обозначениях: в формулах (3.9) и (3.20) для  $\epsilon_{\alpha}^{(1)}$  в знаменателях стоят разные величины, которые отличаются на мнимую единицу согласно (3.5). На Рис. 19 в разделе 2.6 главы III отсутствуют численные подписи к осям, что затрудняет понимание соответствующих графиков. Также в диссертационной работе имеется ряд опечаток: в формуле (2.13) вместо  $\Psi_e$  должно стоять  $\Psi_N$ , в формуле для дисперсионного соотношения (3.66) отсутствует множитель  $\frac{1}{\pi}$ .

Однако, сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают ценность проделанной работы.

Основные результаты работы являются оригинальными и обоснованными. Они докладывались на семинарах, а также на российских и международных конференциях. Представленные в диссертации результаты полно и своевременно опубликованы в ведущих российских научных журналах и известны специалистам. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области физики частиц и могут найти применение в исследованиях, проводимых в ЯрГУ им. П.Г. Де-

мидова, ИЯИ РАН, ИТЭФ, ФИАН, НИИЯФ МГУ, ОИЯИ и ряде других институтов. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация Аникина Романа Анатольевича "Электромагнитные эффекты нейтрино в активной среде" соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 "О порядке присуждения ученых степеней", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - "Теоретическая физика".

Отзыв составил кандидат физ.-мат. наук Демидов С.В.,

Данный отзыв составлен по итогам обсуждения доклада Р.А. Аникина на семинаре Отдела теоретической физики ИЯИ РАН 23 июня 2014 г.

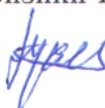
Научный сотрудник ИЯИ РАН,  
к.ф.-м.н.



Демидов Сергей Владимирович

ФГБУН Институт ядерных исследований Российской академии наук,  
тел. +7(499)783-92-91, e-mail: demidov@ms2.inr.ac.ru  
117312, Россия, г.Москва, пр-т 60-летия Октября, д.7а, ИЯИ РАН

Заведующий Отделом теоретической физики ИЯИ РАН,  
д.ф.-м.н.



Красников Николай Валерьевич

ФГБУН Институт ядерных исследований Российской академии наук,  
тел. +7(499)783-92-91, e-mail: krasniko@inr.ac.ru  
117312, Россия, г.Москва, пр-т 60-летия Октября, д.7а, ИЯИ РАН