

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Шитовой Анастасии Михайловны «Распространение нейтрино сверхвысоких энергий в горячей плотной плазме и сильном магнитном поле», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
(специальность 01.04.02 – теоретическая физика)

Успехи в построении и эксплуатации подземных, подлёдных и глубоководных нейтринных телескопов сделали актуальной задачу об исследовании источников, механизмов рождения и деталей распространения в источниках, в межгалактической среде, в Галактике, в атмосфере и внутри Земли нейтрино высоких и сверхвысоких энергий. Нетривиальной части этой задачи — распространению нейтрино в плотной (горячей и холодной) среде, в присутствии сильных магнитных полей — посвящена данная диссертация. Интерес к таким нейтрино значительно возрос после недавнего обнаружения на нейтринном телескопе ICSECUBE нескольких десятков событий, вероятнее всего инициированных космическими нейтрино энергий, существенно превосходящих максимальные из достигнутых на земных установках — энергии ускоренных протонов на Большом адронном коллайдере. В результате задача получила реальное физическое обоснование.

Диссертация А.М. Шитовой состоит из введения, 3-х глав и заключения.

Во введении на мой взгляд излишне подробно и даже местами пафосно представлено общее состояние дел в астрофизике, где может оказаться существенной роль нейтрино. Изложение вполне содержательное, но лишено чёткого указания на связь с конкретным обозначенным в названии диссертации вопросом о распространении нейтрино сверхвысоких энергий. Без конкретного наполнения осталось обсуждение космологии: рассматриваемый здесь вопрос о больших первичных магнитных полях не является научной задачей диссертации. Применимость полученных в диссертации результатов в предложенных космологических примерах не очевидна. В завершение дано описание структуры диссертации. Стоит отметить, что каждая из глав начинается с небольшого обзора по истории конкретного вопроса и соответствующей литературы, что быстро вводит в

курс дела и представляется весьма удачным, учитывая большой объём предыдущих исследований (часто неверных).

Первая глава посвящена исследованию собственно энергетического оператора нейтрино в плазме для случая сверхвысоких энергий, получено общее выражение для этого оператора. Результаты использованы при изучении различных астрофизических ситуаций, для которых вычислена дополнительная энергия нейтрино и даны количественные оценки для границ кинематически разрешённой области процесса радиационного распада нейтрино в активной среде («нейтринный спиновый свет»). Убедительно показано, что это явление не имеет места практически ни при каких реальных астрофизических условиях. При рассмотрении нейтринного радиационного перехода учитывается только рассеяние на электронах и позитронах, без учёта неупругих столкновений нейтрино, в том числе с ядрами среды, которые являются доминирующими в пределе высоких энергий. Влияние выбранного приближения на физическую значимость полученных в дальнейшем результатов не обсуждается. А ведь взаимодействие нейтрино с ядром через заряженный ток приводит к его переходу в электрон, то есть к затуханию нейтринного потока в активной среде. Из-за этого, в частности, Солнце и другие звёзды непрозрачны для высокоэнергетичных нейтрино (хотя прозрачны для нейтрино и антинейтрино от ядерных реакций) в противоречие с утверждением в диссертации (стр.34, 43). Формулы (1.60), (1.61) описывают размерные величины, а потому не являются вероятностями процессов.

Во второй главе представлен анализ процесса рождения нейтрино электрон-позитронных пар в активной среде для различных соотношений между характерными параметрами задачи. Выведена формула для лидирующего вклада в темп рождения пар в пределе умеренно сильного магнитного поля. Показано, что предельные формулы для сверхвысоких энергий нейтрино и для скрещенного умеренно сильного поля получаются из общей формулы. Численные результаты приближены аналитическими функциями. Обсуждаются возможные астрофизические проявления данного процесса. Жаль, что осталась без обсуждения правомерность использования функции Харди—Стокса (стр. 65). Формулы (2.9), (2.35) описывают размерные величины, а потому не являются вероятностями процессов.

В третьей главе рассматриваются различные представления пропагаторов калибровочных заряженных частиц во внешнем электромагнитном поле и условия их применимости. В частности, получены выражения для пропагаторов заряженных векторных и скалярных бозонов в произвольной калибровке как сумма по уровням Ландау в постоянном однородном магнитном поле. Также найдены соответствующие выражения для случая скрещенного поля. Полученные результаты могут найти применение в широком спектре задач о протекании процессов во внешних полях.

В заключении кратко охарактеризована проделанная работа и сформулированы представленные в диссертации основные результаты. Даются ссылки на публикации результатов диссертации в научной литературе.

Личный вклад автора в решение конкретных задач не вызывает сомнений.

Автореферат правильно отражает физическое содержание диссертации. Величины, представленные формулами (7) и (8), неверно названы вероятностями, поскольку они размерны. Неверно указана учёная степень учёного секретаря диссертационного совета ИЯИ РАН, неполно дано название ведущей организации (ИЗМИРАН). В предоставленном мне печатном варианте перепутаны некоторые страницы.

Приведенные выше замечания не снижают общего положительного впечатления о работе в целом, как технически грамотно выполненной, завершённой работе, в которой автор продемонстрировал свою высокую квалификацию современного физика-теоретика и получил целый ряд интересных результатов.

Работа прошла определённую апробацию. Результаты работы докладывались на трёх научных конференциях на территории Российской Федерации и своевременно опубликованы в 8 печатных работах, 3 из которых — статьи в рецензируемых российских и международных журналах. Полученные результаты могут быть востребованы в исследованиях, проводимых по тематике диссертации в ИЗМИРАН, ИКИ РАН, ИЯИ РАН, НИИЯФ МГУ, ИТЭФ, ОИЯИ, ИрГУ, ФИАН и др. научных учреждениях. Полученные результаты представляют потенциальный интерес для широко известных российских и зарубежных, работающих и проектируемых нейтринных телескопов ICECUBE, NT200+, ANTARES, NT1000, KM3Net и др.

Работа соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор Шитова Анастасия Михайловна заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика».

Официальный оппонент
Горбунов Дмитрий Сергеевич,
gorby@ms2.inr.ac.ru тел. +7-499-783-92-91,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, дом 7а,

старший научный сотрудник
Отдела теоретической физики ИЯИ РАН
доктор физ.-мат. наук
24 сентября 2014г., г.Москва

Д.С. Горбунов

Подпись Д.С. Горбунова удостоверяю

ученый секретарь ИЯИ РАН

А.Д. Селидовкин

Горбунов Дмитрий Сергеевич

Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, отдел теоретической физики, старший научный сотрудник

д.ф.-м.н., специальность 01.04.02 (теоретическая физика)

Основные публикации по теме диссертации с 2009 года:

Sterile neutrinos and their role in particle physics and cosmology

D.S. Gorbunov (Moscow, INR). 2014. 9 pp.

Published in Phys.Usp. 57 (2014) 503-511, Usp.Fiz.Nauk 184 (2014) 545-554

Relic Gravity Waves and 7 keV Dark Matter from a GeV scale inflaton

F. Bezrukov (CERN & Connecticut U. & RIKEN BNL), D. Gorbunov (Moscow, INR & Moscow, MIPT). Mar 18, 2014. 5 pp.

DOI: 10.1016/j.physletb.2014.07.060

e-Print: arXiv:1403.4638

On the minimal active-sterile neutrino mixing in seesaw type I mechanism with sterile neutrinos at GeV scale

Dmitry Gorbunov (Moscow, INR & Moscow, MIPT), Alexander Panin (Moscow, INR). Dec 10, 2013. 4 pp.

Published in Phys.Rev. D89 (2014) 017302

DOI: 10.1103/PhysRevD.89.017302

e-Print: arXiv:1312.2887

Constraining neutrino superluminality from searches for sterile neutrino decays

D.S. Gorbunov, E.Ya. Nugaev (Moscow, INR). Jan 2012.

Published in Phys.Lett. B713 (2012) 255-257

DOI: 10.1016/j.physletb.2012.06.006

e-Print: arXiv:1201.5363 [hep-ph]

Search for GeV-scale sterile neutrinos responsible for active neutrino oscillations and baryon asymmetry of the Universe

S.N. Gninenko, D.S. Gorbunov (Moscow, INR), M.E. Shaposhnikov (ITPP, Lausanne). Jan 2013. 20 pp.

Published in Adv.High Energy Phys. 2012 (2012) 718259

DOI: 10.1155/2012/718259

e-Print: arXiv:1301.5516 [hep-ph]

The MiniBooNE anomaly, the decay $D_{s^+} \rightarrow ? + ??$ and heavy sterile neutrino

S.N. Gninenko, D.S. Gorbunov (Moscow, INR). Jul 2009. 4 pp.

Published in Phys.Rev. D81 (2010) 075013

DOI: 10.1103/PhysRevD.81.075013
e-Print: arXiv:0907.4666 [hep-ph]