

# Отзыв официального оппонента

на диссертацию Шитовой Анастасии Михайловны  
“Распространение нейтрино сверхвысокой энергии в горячей плотной плазме и  
сильном магнитном поле”,  
представленной на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Диссертация посвящена теоретическому исследованию процессов взаимодействия фундаментальных частиц высоких энергий методами квантовой теории поля в рамках как стандартной модели, так и в её расширениях. Работы А.М.Шитовой являются важным вкладом в развитие результатов, достигнутых школой Э.М.Липманова, Н.В.Михеева, А.В.Кузнецова, в основном в нейтринных процессах в сильном магнитном поле и плотной плазме. В ходе исследования автором диссертации решено три задачи: найдено выражение для собственно энергетического оператора нейтрино сверхвысоких энергий в плазме, получена формула для вероятности процесса нейтринного рождения электрон-позитронных пар в умеренно сильном магнитном поле, представлены выражения для пропагаторов заряженных векторного  $W$ - и скалярного  $\Phi$ -бозонов.

Диссертационная работа изложена на 112 страницах и состоит из введения, 3 глав, заключения и списка использованной литературы. Список литературы включает 121 наименование, охватывает широкий круг публикаций по затронутым в диссертации проблемам и достаточно полно характеризует хороший уровень компетенции диссертанта в освещаемых вопросах.

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации и приведена её краткая характеристика. Автор приводит большое число примеров, демонстрирующих важность исследований, выполненных на стыке астрофизики и физики фундаментальных взаимодействий.

**В первой главе** стандартными методами выполнен расчет влияния плазмы на собственно энергетический оператор высокоэнергичных нейтрино. Найдена дополнительная энергия, приобретаемая нейтрино и антинейтрино в плазме в рассматриваемом пределе высоких энергий. Произведены количественные оценки дополнительной энергии в различных астрофизических ситуациях, что позволило установить новые кинематические ограничения на процесс радиационного перехода нейтрино – нейтринного спинового света. Используя тот факт, что мнимая часть матричного элемента собственно энергетического оператора определяет вероятность процесса нейтринного рождения  $W$ -бозонов, соискатель также оценил длину свободного пробега для нейтрино по отношению к процессам рождения  $W$  и  $Z$  бозонов.

**Во второй главе** автором проведен анализ процесса нейтринного рождения электрон-позитронных пар в различных диапазонах значений физических параметров задачи, получена формула для вероятности процесса нейтринного рождения электрон-позитронных пар в пределе умеренно сильного магнитного поля, согласующаяся в предельных случаях с имеющимися в литературе данными. Общий результат для лидирующего вклада в вероятность аппроксимируется простой однопараметрической формулой. Проведенные исследования развивают известные результаты

А.В.Кузнецова и Н.В.Михеева. Следует отметить тщательность автора в проверке полученных результатов различными методами, включая численные. При том, что магнитные поля и энергии нейтрино, рассматриваемые здесь, экстремально велики, автор справедливо отмечает, что результаты могут иметь приложения в реальных явлениях, происходящих в природе, например, при слияниях нейтронных звёзд, производящих гамма-всплески, и особенно при магнито-ротационном взрыве сверхновой, где генерируются сильные магнитные поля.

**В третьей главе** на основе метода собственного времени Фока автор производит разложение пропагаторов  $W$  и  $Z$  бозонов в ряд по уровням Ландау с помощью производящей функции для полиномов Лагерра.

В заключительной части работы даны обобщенные выводы о решенных в диссертации задачах.

Текст диссертации аккуратно оформлен, автора отличает тщательность в наборе многочисленных формул. Можно высказать лишь несколько малосущественных замечаний.

Например, на стр. 20 правильно написано о влиянии плазмы на массу электрона, но ниже на стр. 25,26 в процессах на диаграммах рис. 1 и 2, влияние плазмы на электроны не упоминается. По-видимому, для изучаемых явлений оно не существенно, но это следовало бы обсудить.

На стр. 28 в формуле (1.11) не описана связь индексов 1,2 со знаками  $\pm$ , что затрудняет понимание.

На стр. 39 после формулы (1.38) из-за опечатки указана формула (2.1) вместо (1.38).

На стр. 32: 2-й абзац и стр 34 – внизу – удовлетворительно описано, какая плазма считается “холодной”, но на стр. 41 первый абзац говорит о Солнце, а второй о функции Хевисайда для функции распределения  $f(E)$ . Но в Солнце это не так: плазма холодная в смысле малости температуры относительно массы электрона, но она невырожденная,  $f(E)$  близко к распределению Максвелла-Больцмана, а не к функции Хевисайда. Формулы на стр. 42 применяются к Солнцу. Возникает вопрос, насколько изменится результат, если ставить правильное  $f(E)$ ?

На стр. 50 при обсуждении предела  $T \rightarrow 0$  в формуле (1.59) для строгости следовало бы упомянуть, что температура становится малой по сравнению с массой  $W$  бозона, но остаётся большой по сравнению с массой электрона.

На стр. 79 приводятся совсем не тривиальные формулы (3.1) и (3.2) для пропагатора электрона в формализме собственного времени Фока, но ссылки на источник этих формул нет. До этого упоминалось, что этот формализм был развит в работе Швингера [105], но точно таких формул в статье Швингера нет.

Из физических вопросов в этом разделе диссертации возникает такой: если магнитное поле огромное,  $\sim 10^{24}$  Гаусс, но рассматривается не вакуум, а плазма, то даже очень медленные движения частиц в плазме в их системе покоя создают электрические поля больше Швингеровских. Это должно приводить к порождению электрон-позитронной плазмы. Не будут ли такие процессы разрушать исходное магнитное поле, поскольку другого источника энергии на создание новых частиц нет? Ясно, что этот вопрос очень сложный, и на него не следует ожидать окончательного ответа в кандидатской диссертации, но какие-то ссылки на литературу по этому вопросу следовало бы дать.

Все высказанные замечания носят скорее редакционный характер, они не влияют на достоверность полученных выводов и несколько не снижают высокий уровень рассматриваемой диссертационной работы.

В диссертацию включены 8 публикаций соискателя, из которых две опубликованы в российских реферируемых журналах, входящих в список ВАК РФ, и одна в журнале, входящем в международные базы цитирования, поддерживаемые ВАК РФ.

Автореферат и опубликованные работы отражают содержание диссертации.

Диссертация А.М. Шитовой актуальна по тематике, содержит интересные в научном отношении результаты и свидетельствует о достаточной квалификации её автора. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы и докладывались на конференциях.

Диссертация по актуальности избранной темы, научной новизне, практической значимости, достоверности и обоснованности решений и выводов удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 г. Москва “О порядке присуждения ученых степеней”), и её автор, Шитова Анастасия Михайловна, несомненно заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — “Теоретическая физика”.

Сергей Иванович Блинныеков,  
доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник  
НИЦ “КИ” ФГБУ “ГНЦ РФ ИТЭФ”,  
лаборатория физики плазмы и астрофизики,  
ул. Большая Черемушкинская, 25,  
г. Москва, Россия, 117218,  
тел. 8-499-123-7565  
e-mail: sergei.blinnikov@itep.ru

С.И. Блинныеков

Подпись Блинныекова С.И. удостоверяю:  
Учёный секретарь  
НИЦ “КИ” ФГБУ “ГНЦ РФ ИТЭФ”  
кандидат физико-математических наук

В.В. Васильев

22 сентября 2014 г.

Блинников Сергей Иванович

Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный Научный Центр Российской Федерации Институт Теоретической и Экспериментальной Физики" ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ" Лаборатория астрофизики, вед.научн.сотр.  
Доктор физ.-мат. наук – 01.02.03 (астрофизика, радиоастрономия)

Основные публикации по теме защиты с 2009 г.:

- 1). Glazyrin, S. I., Blinnikov, S. I. 2010. Coulomb corrections and thermo-conductivity of a dense plasma. *Journal of Physics A Mathematical General* 43, 075501.
- 2). Blinnikov, S. I. 2010. Notes on hidden mirror world. *Physics of Atomic Nuclei* 73, 593-603.
- 3). Blinnikov, S. I. 2010. Most luminous supernovae produced by shocks. *Physics of Atomic Nuclei* 73, 604-608.
- 4). Lychkovskiy, O. V., Blinnikov, S. I. 2010. Spin flip of neutrinos with magnetic moment in core-collapse supernova. *Physics of Atomic Nuclei* 73, 614-624.
- 5). Lychkovskiy, O., Blinnikov, S., Vysotsky, M. 2010. TeV-scale bileptons, see-saw type II and lepton flavor violation in core-collapse supernova. *European Physical Journal C* 67, 213-227.
- 6). Tominaga, N., Morokuma, T., Blinnikov, S. I., Baklanov, P., Sorokina, E. I., Nomoto, K. 2011. Shock Breakout in Type II Plateau Supernovae: Prospects for High-Redshift Supernova Surveys. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 193, 20.
- 7). Blinnikov, S. I., Tolstov, A. G. 2011. Multigroup radiative transfer in supernova shock breakout models. *Astronomy Letters* 37, 194-209.
- 8). Blinnikov, S. I., Panov, I. V., Rudzsky, M. A., Sumiyoshi, K. 2011. The equation of state and composition of hot, dense matter in core-collapse supernovae. *Astronomy and Astrophysics* 535, A37.
- 9). Blinnikov, S. I. 2012. Supernova bangs as a tool to study big bang. *Physics of Atomic Nuclei* 75, 1091-1110.
- 10). Blinnikov, S., Potashov, M., Baklanov, P., Dolgov, A. 2012. Direct determination of the hubble parameter using type II supernovae. *Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters* 96, 153-157.
- 11). Tominaga, N., Blinnikov, S. I., Nomoto, K. 2013. Supernova Explosions of Super-asymptotic Giant Branch Stars: Multicolor Light Curves of Electron-capture Supernovae. *The Astrophysical Journal* 771, L12.
- 12). Baklanov, P. V., Blinnikov, S. I., Potashov, M. S., Dolgov, A. D. 2013. Study of supernovae important for cosmology. *Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters* 98, 432-439.
- 13). Dolgov, A. D., Blinnikov, S. I. 2014. Stars and black holes from the very early universe. *Physical Review D* 89, 021301.
- 14). Blinnikov, S. I. 2014. Mirror matter and other dark matter models. *Physics Uspekhi* 57, 183-188.
- 15). Kozyreva, A., Blinnikov, S., Langer, N., Yoon, S.-C. 2014. Observational properties of low-redshift pair instability supernovae. *Astronomy and Astrophysics* 565, A70.