

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Осокиной Елены Владимировны **“Одновершинные нейтринные процессы в формализме матрицы плотности во внешнем магнитном поле”**, представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика

Диссертация Осокиной Елены Владимировны “Одновершинные нейтринные процессы в формализме матрицы плотности во внешнем магнитном поле” посвящена исследованию нейтринных процессов в невырожденной плазме при наличии сильного магнитного поля. Горячая плазма с магнитным полем возникает во многих астрофизических объектах: сверхновых, магнетарах, аккреционных дисках. Все эти объекты известны давно, но являются до сих пор слабоизученными. Они представляют большой интерес: физические условия, которые реализуются в них, являются экстремальными и недоступными для современных земных экспериментов. Кроме этого, яркость и уникальность таких астрофизических объектов позволяют использовать их для проведения количественных наблюдений во Вселенной. Всё это требует хорошего понимания их структуры и процессов в них. Поэтому вопросы, которые рассматриваются в диссертации, являются очень актуальными: нейтрино, как слабовзаимодействующая частица, во многих ситуациях легко покидает область рождения, тогда как фотоны и другие частицы задерживаются. Это приводит, с одной стороны, к уносу энергии из системы, что необходимо учитывать при расчёте её динамики, с другой стороны, позволяет получать информацию о системе, детектируя нейтрино на Земле. Новизна исследования связана с использованием при расчётах формализма матрицы плотности, а также учётом более высоких уровней Ландау электронов в магнитном поле.

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, трёх приложений и списка литературы.

Во введении автор приводит обзор по теме диссертации и описывает физические ситуации, для которых важен учёт нейтринных процессов.

Первая глава посвящена формализму матрицы плотности. В ней последовательно вводятся все необходимые определения и из решений уравнения Дирака выводятся выражения для матрицы плотности заряженной частицы в однородном магнитном поле. Во второй части первой главы показано, каким образом на основе матрицы плотности вычисляется S -матрица нейтринных процессов в эффективной локальной ($V - A$) теории.

Во второй главе подробно вычисляются нейтринные светимости в процессе аннигиляции электронов, а также нейтринном синхротронном излучении. Для обоих процессов выписано выражение в квадратурах, которое верно для произвольного магнитного поля и любых вариантов переходов электронов между уровнями Ландау. В дальнейшем, для упрощения, но в рамках поставленной задачи, рассматривается предел сильного поля, при котором учитываются переходы только между основным-основным уровнями Ландау. Полученный ответ совпадает с известным в литературе, что подтверждает достоверность метода. Общее выражение для светимостей позволяет также вычислить вклад переходов с 1-ого уровня Ландау и на него. При параметрах, близких к гигантским вспышкам SGR (мягких повторяющихся гамма-всплесков), учёт 1-ого уровня значительно меняет светимость по сравнению с учётом только основного уровня. Этот результат является новым и важным для моделей гигантских вспышек SGR. Во второй части второй главы проводится исследование нейтринного остывания электрон-позитронной плазмы. Для этого использовалась упрощённая модель, которая сохраняет все особенности процесса и одновременно позволяет проводить

аналитические оценки. В рамках этой модели для нескольких реальных вспышек получено: 1) минимальное значение магнитного поля исходя из нейтринных потерь; 2) максимальное магнитное поле исходя из магнито-дипольных потерь. На основании результатов этих оценок делается вывод о необходимости доработки магнетарной модели гигантских вспышек.

Третья глава посвящена процессам нейтринного рождения плазмы, обратным к рассмотренным выше. Приложение, для которого рассматриваются эти процессы – сильно замагниченный аккреционный диск вокруг вращающейся чёрной дыры. В этих объектах высокий нейтринный поток, возникающий в плотной области диска, позволяет генерировать e^+e^- -плазму в окрестностях диска за счёт аннигиляции нейтрино и излучения e^+e^- пар во внешнем поле. В диссертации скорости данных процессов впервые вычислены в условиях умеренно сильного магнитного поля: сверхкритического, но более слабого, чем энергия нейтринной пары (тут поле сравнивается в энергетических единицах). На основании этих результатов проводится анализ темпов генерации плазмы в замагниченном аккреционном диске. Показано, что вывод о доминировании процесса аннигиляции нейтрино может быть ошибочен при некоторых условиях в диске: процесс излучения одним нейтрино e^+e^- пары во внешнем поле также даёт значительный (а иногда и превышающий) вклад.

В заключении ещё раз сформулированы основные результаты работы.

Приложения содержат некоторые технические моменты и более подробный вывод некоторых выражений работы: в приложении А рассматриваются вопросы работы с матрицами Дирака в неизотропном из-за магнитного поля пространстве, в приложении Б рассматривается метод вычисления интегралов определённого вида, в приложении В подробно рассматривается вычисление амплитуды “ток–ток” во внешнем поле.

К диссертационной работе Осокиной Е.В. следует сделать несколько замечаний:

1. В диссертации получен важный результат о непренебрежимом вкладе 1-ого уровня Ландау в процессах аннигиляции и синхротронного излучения нейтрино. При этом совершенно не обсуждается вопрос о вкладе более высоких уровней (2-ого, 3-его и т.д.): может оказаться, как и для 1-ого уровня, вклад значителен даже при сильно подавленной концентрации электронов.
2. Несмотря на то, что в диссертации выводятся явные выражения для нейтринных потерь из невырожденной плазмы, при расчётах наблюдаемых гигантских вспышек используется интерполяционная формула из литературы, а не результат полученный автором.
3. На протяжении всей диссертации в качестве заряженных лептонов рассматриваются только электроны. Некоторые ответы, в частности, выражение для нейтринной светимости плазмы пропорциональны положительной степени массы заряженной частицы. В таком случае, светимость от аннигиляции мюонов, хотя их концентрация значительно меньше, может доминировать. Подобные вопросы не рассматриваются в диссертации, хотя имеют непосредственное отношение к проводимым оценкам.
4. Название диссертации не совсем аккуратно отображает полное содержание диссертации: в 3-ей главе рассматриваются одновершинные нейтринные процессы, но без использования матрицы плотности.
5. Диссертация оформлена очень аккуратно, но всё равно редко встречаются незначительные опечатки: на стр. 53 при определении $b_0(\eta)$ пропущен заряд электрона, а также у рисунков 2.2, 2.3 отсутствуют подписи. Местами опущены подробности вычислений: по тексту не совсем ясно приближение, в котором вычисляются безразмерные отношения $R_S^{(1)}$ и $R_A^{(1)}$ (стр. 39) – считается ли, что химпотенциал $\eta = 0$ и предполагается ли ультрарелятивизм электронов

($\varepsilon^2 \gg m_e^2$); также не ясен вывод оценки характерной энергии нейтрино q в аккреционных дисках (стр. 72).

Указанные недостатки не умаляют качества работы. Диссертация является законченным самостоятельным исследованием. Основные результаты опубликованы в трёх статьях, две из которых находятся в журналах из списка ВАК, а также обсуждены на нескольких конференциях и научных семинарах. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а её автор Е.В. Осокина заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – “Теоретическая физика”.

Официальный оппонент
старший научный сотрудник
ФГУП ВНИИА, к.ф.-м.н.

С.И.

25.05.2015 С.И. Глазырин

Подпись с.н.с. Глазырина С.И. заверяю:
Учёный секретарь ФГУП ВНИИА,
к.т.н.



С.И. Дубовик

С.И. Дубовик

Глазырин Семен Игоревич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия “Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова” (ФГУП ВНИИА).

Адрес: Россия, 127055, Москва, Суцеская ул., д. 22

Телефон: 8 (499) 978-41-85

E-mail: glazyrin@itep.ru