

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

Либанов М. В.
2015 г.



Отзыв ведущей организации

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук на
диссертацию Осокиной Елены Владимировны «Одновершинные
нейтринные процессы в формализме матрицы плотности во внешнем
магнитном поле», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.02 - теоретическая физика.**

В диссертационной работе Осокиной Е.В. развивается подход с использованием матрицы плотности к вычислению скоростей процессов рассеяния во внешних магнитных полях. В качестве примера рассматриваются одновершинные электрослабые процессы. Принято считать, что сверхкритические магнитные поля присутствуют в целом ряде компактных астрофизических объектов, таких, как магнетары или аккреционные диски черных дыр, поэтому задача учета их влияния на скорости протекания физических процессов представляется актуальной. Предлагаемый в диссертации формализм матрицы плотности интересен тем, что позволяет упростить вычисления за счет правильного учета симметрий задачи.

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

Во введении сделан краткий обзор литературы, сформулированы цели работы и описана общая структура диссертации.

В первой главе вводится матрица плотности заряженных частиц во внешнем магнитном поле, которая затем применяется для вычисления квадратов матричных элементов одновершинных электрослабых процессов. Показано, что в постоянном магнитном поле произведение волновой функции заряженного фермиона на сопряженную можно записать в виде интеграла по импульсу, после чего суммирование по начальным и конечным состояниям в выражении для скорости процесса принимает такой же вид, как и в пустом пространстве, но с видоизмененными матрицами плотности фермионов. Это позволяет записать искомую величину в ковариантном виде по отношению к преобразованиям Лоренца вдоль поля, что упрощает вычисления и оказывается полезным для задач астрофизики. В качестве примера приведены

выражения для квадратов амплитуд нейтринного синхротронного излучения, e^+e^- -аннигиляции, а также μ с-процессов во внешнем магнитном поле.

Во второй главе техника матрицы плотности использована для вычисления скоростей процессов e^+e^- -аннигиляции и синхротронного излучения нейтрино. Изучено остывание горячей электромагнитной плазмы в магнетарной модели гигантской вспышки SGR за счет этих процессов. Показано, что в магнитных полях напряженности $10^{15} - 10^{16}$ Гс необходим учет слабо заселенного первого уровня Ландау. При этом, процесс излучения нейтрино из объема плазмы оказывает существенное влияние на ее остывание.

В третьей главе изучено образование электрон-позитронной плазмы в процессах рассеяния нейтрино в окрестности сильно замагниченных аккреционных дисков вращающейся черной дыры. Расчеты произведены в пределе больших энергий нейтрино $\omega \gg \sqrt{eB}$, где B — напряженность магнитного поля. В этом случае необходимо учитывать высокие ($n \gg 1$) уровни Ландау. Показано, что поправки, связанные с наличием магнитного поля, подавлены степенью отношения eB/ω^2 .

В заключении сформулированы основные результаты, выносимые на защиту.

Несомненными достоинствами диссертации являются аккуратность и простота изложения, объяснение всех выбранных обозначений, а также доведение результатов до конкретных численных оценок. Во всех случаях, когда это возможно, полученные выражения сравниваются с результатами, приведенными в литературе.

Диссертация не лишена недостатков. Вывод соотношения (1.23) для произведения волновых функций заряженных фермионов требует дополнительного объяснения: в главе 1 доказано равенство определенных интегралов по p_2 от левой и правой частей этого соотношения, что, вообще говоря, не означает равенства подинтегральных выражений. Одним из основных результатов главы 2 является оценка вкладов в светимости процессов e^+e^- -аннигиляции и нейтринного синхротронного излучения, связанных с наличием первого возбужденного уровня Ландау. Эти вклады в десятки раз превышают светимость процесса аннигиляции на основном уровне Ландау. Так как населенность первого уровня Ландау в рассматриваемой задаче экспоненциально мала, представляется крайне желательным объяснить на качественном уровне возникновение компенсирующего усиливающего фактора. Также кажется необходимым оценить вклады в полную светимость от остальных ($n \geq 2$) уровней Ландау. Анализ времени остывания плазмы (2.37) при слабых магнитных полях не выглядит законченным. Несмотря на то, что время остывания при $T \sim 1$ МэВ действительно мало, резкая зависимость от температуры дает возможность получить экспериментально наблюдаемые времена уже при $T \sim 0.6$ МэВ. Таким образом, вопрос о наличии сильных магнитных полей сводится к вопросу о точности оценки температуры плазмы, который в диссертации не обсуждается. Наконец, в будущем интересно было бы выполнить вычисления главы 3, требующие учета большого количества уровней Ландау, с помощью техники матрицы плотности. Это послужило бы дальнейшему развитию предлагаемого в диссертации метода. В качестве мелких стилистических замечаний следует отметить построение графиков как функций безразмерных комбинаций (например, комбинации x на рис. 2.1), а не магнитного поля в физических

единицах, что затрудняет выполнение количественных оценок. В главе 3 не получены асимптотические выражения интегралов $I_1 - I_4$ по малому параметру разложения c^{-1} .

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают ценности проделанной работы.

Основные результаты работы являются оригинальными и обоснованными. Они докладывались на семинарах и на российских конференциях, 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. Демидова, МГУ им. М.В. Ломоносова, ИЗМИРАН, ИЯИ РАН, АКЦ ФИАН, ОИЯИ и в ряде других институтов. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация «Одновершинные нейтринные процессы в формализме матрицы плотности во внешнем магнитном поле» 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 Осокина Елена Владимировна несомненно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — «Теоретическая физика».

Отзыв составил кандидат физ.-мат. наук Левков Д.Г.,

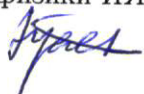
Данный отзыв составлен по итогам обсуждения доклада Осокиной Е.В. на семинаре Отдела теоретической физики ИЯИ РАН 6 апреля 2015 г.

Научный сотрудник ИЯИ РАН,
к.ф.-м.н.

 Левков Дмитрий Геннадиевич
01.06.2015

ФГБУН Институт ядерных исследований Российской академии наук,
тел. +7(499)783-92-91, e-mail: levkov@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
01.06.2015

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