

Отзыв

официального оппонента доктора физико-математических наук,
член-корреспондента РАН
Высоцкого Михаила Иосифовича
на диссертационную работу
Румянцева Дмитрия Александровича
«Резонансные электрослабые процессы в замагниченной плазме»,
представленную в диссертационный совет Д 002.119.01
федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт ядерных исследований»
Российской академии наук, г. Москва,
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.02 — Теоретическая физика

В диссертационной работе Дмитрия Александровича Румянцева рассматриваются квантовые процессы, происходящие в электрон-позитронной плазме, находящейся в сильных магнитных полях. Такое рассмотрение необходимо для анализа процессов, происходящих в звездах. При этом величина магнитного поля может превышать критическое значение $B_{cr} = m^2/e^2 \approx 4 \cdot 10^{13}$ Гс, что имеет место в магнитарах. Такие поля образуются при звездном коллапсе и образовании нейтронных звезд. Изучаемые в диссертации процессы образования нейтрино важны при расчете остывания нейтронных звезд. Процессы рассеяния, расщепления и слияния фотонов в плазме, находящейся в магнитном поле, играют важную роль в задаче переноса излучения в звездах. Этим актуальным вопросам посвящена диссертационная работа, обобщающая давно разрабатываемые вопросы динамики частиц в сильных внешних полях на важный для приложений случай наличия еще и плазмы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и пяти приложений.

В первой главе найдены амплитуды рассеяния внешних токов с различными квантовыми числами на электронах. Находящиеся во внешнем магнитном поле электроны занимают уровни Ландау. При этом учитывается возможность перехода электрона с одного уровня на другой. Глава носит в основном технический характер; полученные в ней и собранные в приложении А формулы используются в последующих главах. Автор отмечает «определенную громоздкость» полученных формул, я же хочу отметить, что эти формулы, занимающие сорок (!) страниц Приложения А, не могут не вызывать уважения у физика-теоретика.

Вторая глава посвящена комптоновскому рассеянию фотона на электроне в сильно замагниченной плазме. Анализируются дисперсионные и поляризационные свойства фотонов в плазме, находящейся в сильном магнитном поле. Наличие плазменной частоты приводит к порогу в рассеянии фотона моды 2 на электроне. В пределе

сильного магнитного поля вычислены амплитуды комптоновского рассеяния как без изменения поляризации фотона, так и с изменением поляризации. Подчеркивается, что вблизи порога рождения e^+e^- - пар важен учет перенормировки волновых функций фотонов. Рассмотрены два предельных случая: разреженная зарядово-симметричная плазма и вырожденная электронная плазма.

В третьей главе анализируются процессы расщепления и слияния фотонов при наличии плазмы. Этим процессам, идущим во внешнем магнитном поле в отсутствие плазмы, посвящена обильная литература. Диссертант обнаружил нетривиальное влияние плазмы на эти процессы. Закрытый в отсутствие плазмы канал расщепления $\gamma_2 \rightarrow \gamma_1 \gamma_1$ становится возможным, в то время как открытые каналы $\gamma_1 \rightarrow \gamma_1 \gamma_2$ и $\gamma_1 \rightarrow \gamma_2 \gamma_2$ подавляются в случае горячей плазмы. Таким образом плазма существенным образом изменяет правила отбора по поляризациям фотона. Возможные астрофизические применения полученных результатов обсуждаются в пятом параграфе этой главы.

В четвертой главе диссертации рассмотрены процессы образования нейтрино в сильно замагниченной плазме. Найдены амплитуды реакций $\gamma e \rightarrow e \nu \bar{\nu}$, $\gamma \rightarrow \nu \bar{\nu}$ и $\gamma \gamma \rightarrow \nu \bar{\nu}$. Вычисляется энергия, выносимая нейтрино из наружной части нейтронной звезды. Определены процессы, доминирующие при различных плотностях внешних слоев нейтронной звезды. При этом показано, что имеющиеся модели остывания магнитаров нуждаются в уточнении.

В пятой главе рассмотрены резонансные процессы в замагниченной плазме. Резонансы могут иметь место на виртуальном фотоне и виртуальном электроне. Вклад резонансов может доминировать в обсуждаемых в диссертации процессах. Рассмотрено резонансное фоторождение аксионов. Результаты используются для вычисления числа аксионов, рождаемых реликтовым излучением в магнитосфере магнитара. Подчеркнем, что в диссертации исправлено имевшееся в литературе неверное утверждение о возможности генерации холодной скрытой массы Вселенной этим механизмом. Ошибка была связана с отсутствием корректного рассмотрения вклада аксиальной аномалии в рассматриваемый процесс. Рассмотрены резонансные вклады в комптоновское рассеяние фотонов на электронах плазмы и в фоторождение пары нейтрино-антинейтрино. Изучается генерация e^+e^- - пар в полярной шапке магнитара.

В целом следует отметить, что диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне, она содержит значительное количество новых и важных теоретических результатов. Автор демонстрирует глубокий подход к изучаемым проблемам, сочетает сложные вычисления с количественными оценками. Автор демонстрирует отличное знание соответствующей литературы. Список литературы содержит 218 наименований. О достоверности полученных результатов говорит то,

что они опубликованы в ведущих реферируемых отечественных и зарубежных журналах.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации и полученные результаты. В работе большого объема не просто избежать опечаток, но здесь их очень немного. На странице 39 приведена численная оценка критического магнитного поля, отвечающего массе W -бозона, но размерность (гауссы) не указана. На странице 41 написано «В недавней работе 153» – это работа 1997 года. На странице 12 написано, что «аксион – наиболее вероятный кандидат на роль холодной темной материи», в то время как не менее популярным кандидатом является WIMP – слабо взаимодействующая массивная частица.

Полученные Д.А.Румянцевым результаты составляют крупное научное достижение, вносящее существенный вклад в развитие физики элементарных частиц и астрофизики и открывающее новые перспективы в этой области. Все основные результаты, изложенные в диссертации, своевременно опубликованы в ведущих научных журналах и были неоднократно доложены на семинарах и международных конференциях.

Диссертационная выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Румянцев Дмитрий Александрович, несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Официальный оппонент,
доктор физ.-мат. наук,
член-корр. РАН,
начальник лаборатории
Теории элементарных частиц
ФГБУ Институт теоретической и
экспериментальной физики
имени Алиханова
НИЦ КИ (г. Москва)
адрес: 117218, Москва,
Большая Черемушкинская ул., д.25
телефон: 8-905-545-07-93
эл. почта: vysotsky@itep.ru

Высоцкий Михаил Иосифович
20 декабря 2018 г.

Подпись М.И.Высоцкого заверяю
Ученый секретарь Института теоретической и экспериментальной физики им.
Алиханова

Васильев Валерий Васильевич
20 декабря 2018 г.

Высоцкий Михаил Иосифович

доктор физико-математических наук по специальности 01.04.02 --
теоретическая физика

1. A.D. Dolgov, V.A. Novikov, M.I. Vysotsky, *How to see an antistar*, Письма в ЖЭТФ **98**, вып. 9, 587 (2013). [A.D. Dolgov, V.A. Novikov and M.I. Vysotsky, *How to see an antistar*, JETP Lett. **98**, No. 9, 519 (2014).] DOI:10.1134/S0021364013220037
2. М.И. Высоцкий, С.И. Годунов, *Критический заряд в сверхсильном магнитном поле*, Успехи физических наук, **184**, вып. 2, 206 (2014). [S. I. Godunov and M. I. Vysotsky, *Critical charge in a superstrong magnetic field*, Phys.Usp. **57**, No. 2, 194 (2014).] DOI: 0.3367/UFNe.0184.201402j.0206
3. S. I. Godunov and M. I. Vysotsky, *Critical Nuclei in a Superstrong Magnetic Field*, *Pomeranchuk 100*, 260 (2014). DOI: 10.1142/9789814616850_0013.
4. S. I. Godunov, M. I. Vysotsky and E. V. Zhemchugov, *Double Higgs boson production in the models with isotriplets*, Phys.Atom.Nucl. **78**, 1493 (2015). DOI: 10.1134/S1063778815130116.
5. S. I. Godunov, M. I. Vysotsky, E. V. Zhemchugov, *Double Higgs production at LHC, see-saw type-II and Georgi-Machacek model*, Журнал экспериментальной и теоретической физики (ЖЭТФ) **147**, вып. 3, 426 (2015). [S. I. Godunov, M. I. Vysotsky and E. V. Zhemchugov, *Double Higgs production at LHC, see-saw type-II and Georgi-Machacek model*, JETP **120**, 369 (2015).] DOI: 10.1134/S1063776115030073.
6. S. I. Godunov, M. I. Vysotsky and E. V. Zhemchugov, *Suppression of $H \rightarrow VV$ decay channels in the Georgi-Machacek model*, Phys.Lett. B **751**, 505 (2015). DOI: 10.1016/j.physletb.2015.11.002.
7. S. I. Godunov, A. N. Rozanov, M. I. Vysotsky and E. V. Zhemchugov, *Extending the Higgs sector: an extra singlet*, Eur.Phys.J. C **76**, 1 (2016). DOI: 10.1140/epjc/s10052-015-3826-6.
8. S. I. Godunov, A. N. Rozanov, M. I. Vysotsky, E. V. Zhemchugov, *New physics at 1 TeV?*, Письма в ЖЭТФ **103**, вып. 9, 635 (2013). [S. I. Godunov, A. N. Rozanov, M. I. Vysotsky, E. V. Zhemchugov, *New physics at 1 TeV?*, JETP Lett. **103**, No. 9, 557 (2016).] DOI: 10.1134/S0021364016090101.
9. M. I. Vysotsky and E. V. Zhemchugov, *Looking for chiral anomaly in $K \gamma \rightarrow K \pi$ reactions*, Phys.Rev. D **93**, 094029 (2016). DOI: 10.1103/PhysRevD.93.094029.

10.S.I. Godunov, B. Machet and M.I. Vysotsky, *Resonances in positron scattering on a supercritical nucleus and spontaneous production of e^+e^- pairs*, Eur.Phys.J. C **77**, 782 (2017). DOI: 10.1140/epjc/s10052-017-5325-4.