

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н., Дворникова М.С. о диссертации Шленева Д.М. «Комптоноподобные процессы в присутствии внешней активной среды», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 «Теоретическая физика»

В диссертации Шленева Д.М. изучено влияние внешней активной среды на протекающие в ней квантовые процессы. Актуальность такого исследования обусловлена возможными приложениями результатов в космологии и астрофизике.

Диссертация содержит введение, три главы, заключение, два приложения и список литературы.

Во введении сформулирована постановка задачи.

В первой главе вычислены амплитуды процесса рассеяния обобщенного тока на фермионе в постоянном однородном магнитном поле. Получена факторизация квадрата амплитуды рассеяния в случае резонанса на виртуальном электроде для случая узкого резонансного пика.

Во второй главе рассмотрены два резонансных квантовых процесса в сильно замагниченной среде – фоторождение нейтрино на электроде и комптоновское рассеяние. Получены аналитические выражения для коэффициента поглощения фотона в этих процессах в приближении узкого резонансного пика.

В третьей главе изучен процесс расщепления фотона на два в присутствии холодной почти вырожденной плазмы и сильного магнитного поля с учетом влияния позитрония. Найдены правила отбора по поляризациям, в разрешенных каналах вычислены парциальные амплитуды как функции энергии начального фотона.

В заключении подведены итоги диссертационного исследования и указаны перспективы дальнейшей разработки темы.

Содержание диссертации в достаточной мере отражено в публикациях автора, результаты исследований были представлены на нескольких

международных конференциях. По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, из которых 6 статей – в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК и/или индексируемых в базах Web of Science и Scopus. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Замечания к диссертации:

1. Общее замечание. При рассмотрении процессов в плазме и сильном магнитном поле учет ненулевой температуры и химического потенциала производится только для начальных и конечных состояний, но не для виртуальных частиц. Однако такой способ учета влияния вещества нигде в диссертации не обосновывается, что является ее **недостатком**.

2. В разд. 2.2 изучается резонансный фотонейтринный процесс  $\gamma e \rightarrow \nu \bar{\nu} e$ . В качестве приложения полученных результатов вычислена нейтринная светимость в замагниченной плазме при различной плотности при температуре  $10^9$  К. Хорошо известно (G. Raffelt, Stars as Laboratories for Fundamental Physics, Chicago, 1996), что для подобных сред фотонейтринный процесс, рассмотренный в диссертации, не дает основной вклад в излучение нейтрино, если рассматривать его применительно к проблеме остывания нейтронных звезд. Для данной температуры одним из основных вкладов является распад плазмона,  $\gamma \rightarrow \nu \bar{\nu}$ . Таким образом, этот результат диссертации имеет очень ограниченную область применимости, что можно отнести к **недостаткам** диссертации.

3. В разд. 3.2, при изучении процесса  $\gamma \rightarrow \gamma \gamma$ , использовалось разложение поляризационного оператора фотона по ортогональному базису. В этом случае поляризационный оператор имеет симметричный вид. Однако, как было найдено в работах A. Boyarsky et al., Phys. Rev. Lett. 109, 111602 (2012) и M. Dvornikov, V. B. Semikoz, J. Cosmol. Astropart. Phys. 05 (2014) 002, поляризационный оператор может иметь кососимметричный вклад из-за взаимодействий, нарушающих пространственную четность. При этом калибровочная инвариантность не нарушается. Этот факт не был отмечен в диссертации, что является ее **недостатком**.

4. В диссертации присутствуют несколько незначительных опечаток. Например, «заемгниченной» на стр. 6. Это также является небольшим **недостатком** работы.

Несмотря на указанные недостатки, считаю, что по содержанию, объему и качеству материал работы отвечает требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Шленев Д.М. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика».

Дата составления отзыва 07.09.2021г.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, \_\_\_\_\_ / Дворников М.С. /  
заведующий теоретическим отделом.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн  
им. Н.В. Пушкова Российской академии наук.

Почтовый адрес: 108840, Россия, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4

Телефон: +7-(495)-851-09-12

E-mail: [maxdvo@izmiran.ru](mailto:maxdvo@izmiran.ru)

Подпись Дворникова Максима Сергеевича заверяю:

Директор ИЗМИРАН

д.ф.-м.н.

Кузнецов Владимир Дмитриевич

Дворников Максим Сергеевич

доктор физико-математических наук

специальность 01.04.02 «Теоретическая физика»

Публикации:

1. M. Dvornikov, Magnetic helicity in plasma of chiral fermions electroweakly interacting with inhomogeneous matter, Nuclear Physics B **955**, 115049 (2020), doi: [10.1016/j.nuclphysb.2020.115049](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2020.115049).
2. M. Dvornikov, Spin-flavor oscillations of Dirac neutrinos in matter under the influence of a plane electromagnetic wave, Physical Review D **99**, 035027 (2019), doi: [10.1103/PhysRevD.99.035027](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.035027).
3. M. Dvornikov, Equilibrium electric current of massive electrons with anomalous magnetic moments induced by a magnetic field and the electroweak interaction with matter, International Journal of Modern Physics A **33**, 1850154 (2018), doi: [10.1142/S0217751X18501543](https://doi.org/10.1142/S0217751X18501543).
4. M. Dvornikov, Spin-flavor oscillations of Dirac neutrinos in a plane electromagnetic wave, Physical Review D **98**, 075025 (2018), doi: [10.1103/PhysRevD.98.075025](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.075025).
5. M. Dvornikov, Chiral magnetic effect in the presence of an external axial-vector field, Physical Review D **98**, 036016 (2018), doi: [10.1103/PhysRevD.98.036016](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.036016).
6. M. Dvornikov, Magnetic fields in turbulent quark matter and magnetar bursts, International Journal of Modern Physics D **27**, 1750184 (2018), doi: [10.1142/S021827181750184X](https://doi.org/10.1142/S021827181750184X).
7. М. С. Дворников, Неустойчивость магнитного поля, вызванная аномальными магнитными моментами массивных фермионов и электрослабым взаимодействием с фоновым веществом, Письма в ЖЭТФ **106**, 741 – 745 (2017).