

Сведения о выполненных работах в 2019 году
по проекту **«Исследование квантовых эффектов в сильных электромагнитных
полях методами КТП»**,
поддержанному Российским научным фондом
Соглашение № 19-12-00042

Руководитель д-р физ.-мат. наук Гитман Дмитрий Максимович

Для развитого недавно непertурбативного подхода в квантовой электродинамике, позволяющего исследовать эффекты в интенсивном неоднородном электрическом поле, заданном потенциалами ступенчатого типа, разработана процедура регуляризации и перенормировки квазилокальных физических величин, таких как вектор электрического тока и тензор энергии-импульса рожденных частиц. Показано, что параметр регуляризации, используемый в данном подходе, однозначно определяется длительностью процедуры наблюдения за потоками частиц, выходящих из области поля в окружающий вакуум. Показано, что предложенная процедура регуляризации достаточна для корректной постановки задач, в которых наряду с непertурбативными эффектами внешнего поля учитывается взаимодействие с полем излучения. Получено новое условие самосогласованности для модели постоянного поля, которое учитывает его конечную протяженность. Показано, что это условие определяет значительно более широкую область применимости, чем установленную ранее для однородного поля. Статья с описанием этого результата опубликована в виде электронного препринта <https://arxiv.org/abs/1906.08801> и направлена в журнал Physical Review D.

В рамках этого же подхода построена и изучена точно решаемая модель с неоднородным полем, убывающим от максимального значения по закону обратного квадрата. Исследован также случай комбинированного поля, представляющего собой слабо неоднородное протяженное поле, которое на асимптотиках быстро убывает по закону обратного квадрата. Для этих моделей найдены полные наборы решений уравнений Клейна-Гордона-Фока и Дирака, исследованы процессы рассеяния и рождения частиц из вакуума. Показано, что комбинированное поле снижает вклад краевых эффектов в среднее число родившихся частиц и поэтому является более удобным стартовым приближением для вычисления поправок к приближению локально-постоянного поля. Статья с описанием этого результата опубликована в виде электронного препринта <https://arxiv.org/abs/1911.09809> и направлена в The European Physical Journal C.

Построены все дираковские гамильтонианы как самосопряженные расширения исходного оператора Дирака для квазичастиц в графене в окрестности кулоновской примеси с произвольным значением заряда. При помощи метода направляющих функционалов Крейна найдены спектры и (обобщенные) собственные функции всех самосопряженных дираковских гамильтонианов, которые в рамках низкоэнергетического приближения описывают носители заряда в графене. Получены

спектральные уравнения для каждой области изменения заряда примеси и исследованы их численные решения. Также изучены численные решения точных спектральных уравнений для регуляризованного кулоновского потенциала примеси на малых расстояниях. Найдено точное уравнение для определения сверхкритических зарядов, отвечающих связанным состояниям на низшем энергетическом уровне. Показано, что существует бесконечное количество сверхкритических зарядов. Статья с описанием этого результата опубликована в виде электронного препринта <https://arxiv.org/abs/1912.01322> и принята для публикации в Журнал экспериментальной и теоретической физики.

Происхождение сверхсильных магнитных полей в некоторых нейтронных звездах, называемых магнитарами, до сих пор является нерешенным вопросом современной астрофизики. В рамках данного проекта построена модель, объясняющая возникновение сильных магнитных полей в компактных звездах на основе киральных магнитных явлений. Были найдены условия для возникновения неустойчивости магнитного поля на границе коры и внешнего ядра в нейтронных звездах. Показано, что магнитное поле может быть усилено до напряженностей, наблюдаемых в магнитарах. Описание этого результата представлено в статье в Journal of Cosmology and Astroparticle Physics <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1475-7516/2019/06/053>.