

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Александра Ивана Александровича на тему: «Рождение электрон-позитронных пар в сильных электромагнитных полях, зависящих от координат и времени», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Основная цель данного диссертационного исследования заключается в разработке эффективного численного подхода, который позволяет исследовать широкий класс различных сценариев, касающихся рождения электрон-позитронных пар из вакуума в фокусе мощных лазерных импульсов. Тема является актуальной с академической точки зрения, поскольку дает новый инструмент исследования эффектов КЭД в интенсивном поле и позволяет оценивать область применимости и точность известных непertурбативных методов приближенных вычислений, таких как метод локально постоянного поля и приближения стоячей волны (ПСВ). Значительный интерес к теме рождения электрон-позитронных пар из вакуума связан с тем, что в ближайшие несколько лет начнут работу установки, в которых мощность лазерных импульсов достаточна для наблюдения эффектов КЭД в интенсивном поле, включая и рождение пар. Это видно по растущему в последние годы числу публикаций и включению ключевых слов “Schwinger effect” в новую классификационную схему “PhySH”, которая заменит PACS. Это позволяет утверждать, что данное исследование актуально также и с практической точки зрения, поскольку позволяет учитывать эффекты неоднородности лазерного импульса в спектре частот и интенсивностей, которые близки к реально достижимым.

Предлагаемый метод основан на численном решении уравнения Дирака в импульсном представлении в рамках квантования в обобщенной картине Фарри, которая приспособлена к описанию эффектов нестабильности вакуума. При этом существенной частью работы явилась подготовка и тестирование соответствующего программного кода. Преимущество данного численного подхода заключается в том, что он позволяет решать уравнение Дирака в полях, зависящих сразу от двух переменных: координаты и времени, для которых точные решения не известны. Метод апробирован на тех однопараметрических конфигурациях внешнего поля, для которых точные решения известны. Выполнен систематический анализ спектров рожденных частиц за пределами приближения пространственно-однородного поля (дипольное приближение в терминологии автора). Рассматриваются два конкретных экспериментальных сценария: столкновение двух встречных лазерных импульсов равной интенсивности (ВЛИ) и суперпозиция сильного медленно меняющегося и слабого быстро изменяющегося полей (DASE). Разработанные для этих сценариев схемы решения являются новыми и более точными, чем те, что использовались ранее для полей, зависящих от координаты и времени. Они позволили установить ряд закономерностей в спектре рожденных частиц, которые ранее не были известны.

На защиту вынесены пять положений, которые сводятся к следующему: 1) Разработан эффективный численный подход для непertурбативного расчета плотности числа рождаемых частиц в присутствии внешних электромагнитных полей, зависящих от одной координаты и времени. 2) Показано, что основные характеристики процесса рождения пар в однородном поле, осциллирующем во времени, могут сильно зависеть от формы

09/2-42 от 20.01.2020

огибающей и относительной фазы между огибающей и несущей. 3) Для модели ВЛИ установлено, что известные из литературы осцилляции в спектре частиц являются артефактами приближения ПСВ, вероятности рождения пар становятся заметно меньше, а распределение частиц по импульсам оказывается заметно менее чувствительным к вариации формы лазерного импульса. 4) Для модели DASE показано, что учет пространственной зависимости быстрой компоненты поля, особенно в случае коротких лазерных импульсов, значительно изменяет спектры частиц, коэффициент усиления, а также полное число рождаемых пар. 5) Было обнаружено, что приближение локально-постоянного поля не всегда применимо в случае, когда параметр Келдыша имеет малое значение. Предложена схема анализа, позволяющая уточнить область применимости этого приближения. Все эти положения убедительно изложены и в достаточной степени доказаны в тексте диссертации, даны ссылки на соответствующие публикации автора, отмечен собственный вклад автора в представленные результаты. Результаты и положения работы докладывались и обсуждались на ряде представительных международных научных конференций. Они опубликованы в журналах Physical Review и хорошо известны специалистам.

Полагаю, что настоящая работа значительным образом дополняет результаты, полученные ранее, и существенно проясняет вопрос о влиянии формы импульса на процесс рождения пар. Предложенный метод получения теоретических предсказаний в случае реалистичных неоднородных внешних полей, может помочь в поиске наиболее выгодных экспериментальных сценариев для практического наблюдения эффекта Швингера.

В диссертации есть ряд неточностей и опечаток, встречается разговорная речь (научный сленг). Отмеченные недостатки безусловно не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. В целом, диссертация И. А. Александрова выполнена на высоком научном уровне, является законченной научно-исследовательской работой и представляет значительный интерес с теоретической и практической точки зрения. Все основные результаты, представленные в диссертации, являются новыми. Результаты диссертации своевременно опубликованы в ведущих международных журналах.

Диссертация Александрова Ивана Александровича на тему: «Рождение электрон-позитронных пар в сильных электромагнитных полях, зависящих от координат и времени» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Александров Иван Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук доцент

подпись

Гаврилов Сергей Петрович

Дата 17.07.2020

РГПУ им. А. И. Герцена

подпись

удостоверяю «17» 07 2020 года

персонала и социальной работы
управления кадров и социальной работы



Ведущий документовед
отдела персонала
и социальной работы

В.В. Рубинский