



PTB • Postfach 33 45 • 38023 Braunschweig

Ihr Zeichen:
Ihre Nachricht vom:
Mein Zeichen:
Meine Nachricht vom:

Bearbeitet von: Prof. Dr. Andrey Surzhykov
Telefondurchwahl: +49 0531-592-8100
Telefaxdurchwahl:
E-Mail: andrey.surzhykov@ptb.de

Datum: January 10th, 2020

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию **Александрова 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

Диссертация Ивана Александрова посвящена теоретическому исследованию рождения электрон-позитронных пар в сильных электромагнитных полях. Особенное внимание в данном исследовании было уделено разработке и применению численного метода который бы позволил эффективно учесть временные и пространственные зависимости полей. В работе Ивана Александрова такой метод основан на квантовании электрон-позитронного поля в картине Фарри в то время когда внешнее электромагнитное поле описывается как классическое. Основные положения теории и детали ее численной реализации представлены в **главе 2**. В частности, в секции 2.2.2 рассмотрен численный метод для расчёта вероятности рождения пар в полях с пространственно-временной зависимостью. Основанный на анализе Фурье этот метод становится особенно эффективным для периодических полей.

Разработанный численный метод был применен для нескольких физических сценариев. В **главе 3**, например, рассмотрен пример пространственно-однородного, но зависящего от времени электромагнитного поля. Теоретический анализ представлен для разных типов модуляции периодических (по времени) осцилляций. Детальные расчёты выполнены для различных физических характеристик процесса: число рождаемых пар, импульсное распределение испущенных электронов и резонансные осцилляции Раби.

Различные сценарии для электромагнитных полей, которые зависят и от времени и от координат, обсуждаются в **главе 4**. Здесь Иван Александров сначала рассмотрел несколько простых, «академических» конфигураций внешнего поля, а

600 00 1

Hausadresse, Lieferanschrift:
Bundesallee 100
38116 Braunschweig
DEUTSCHLAND

Telefon: +49 531 592-0
Telefax: +49 531 592-9292
E-Mail: poststelle@ptb.de
Internet: <http://www.ptb.de>

Deutsche Bundesbank, Filiale Leipzig
IBAN: DE38 8600 0000 0086 0010 40
BIC: MARKDEF1860
VAT-Nr.: DE 811 240 952

PTB Berlin-Charlottenburg
Abbestr. 2-12
10587 Berlin
DEUTSCHLAND

Вх. № 09/2-11 от 10.01.2020

затем перешел к анализу более реалистичных сценариев которые могут встречаться в современных экспериментах. В частности, секция 4.2 посвящена рождению пар при взаимодействии двух встречных лазерных импульсов. Для этой конфигурации полей Иван Александров применил разработанный им численный метод для того чтобы исследовать границы применения двух приближений, которые используются обычно при расчётах: дипольного приближения и приближения стоячей волны. Второй важный (экспериментальный) сценарий, при котором пары рождаются при наложении сильного поля и слабого, но быстро меняющегося импульса, исследован в секции 4.3. Для этого, так называемого динамического усиления эффекта Швингера, расчёты были сделаны опять за рамками обычно применяемого дипольного приближения. В частности, показано что не-дипольные эффекты приводят к значительному уменьшению числа рождённых пар.

Разработанный Иваном Александровым численный метод использован также для оценки применимости приближения локально-постоянного поля (locally-constant field approximation, LCFA). Это приближение, которое часто используется в современных расчётах, детально исследовано в **главе 5** как для пространственно-однородных так и для пространственно-неоднородных полей. Для обоих сценариев получены более реалистичные—по сравнению с предыдущими исследованиями—оценки применимости LCFA.

В заключении, диссертация Ивана Александра основана на очень серьёзных теоретических работах, которые опубликованы в высокорейтинговых международных журналах. Во всех **шести статьях**, указанных в диссертации, Иван выступает как первый автор что является очень хорошим результатом для аспиранта. Некоторые из этих статей (например, Phys. Rev. D 96 (2017) 076006 и Phys. Rev. D 97 (2018) 116001) уже получили высокие оценки от международных коллег. Полученные результаты важны для дальнейших исследований в области физики сильных электромагнитных полей. Сама диссертация хорошо написана и иллюстрирована. После её прочтения у меня возникло только несколько замечаний, которые я привожу здесь:

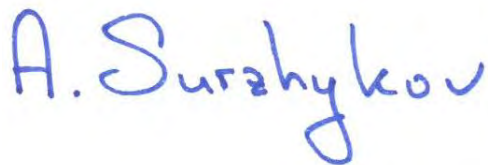
- Я бы считал полезным обсудить в заключении к диссертации также и (возможные) планы дальнейших исследований. Мне кажется что любая сильная аспирантская работа (а работа Ивана безусловно является таковой) должна рождать много идей и предложений для дальнейшего развития и применения теории.
- Если это возможно, я бы предложил несколько более подробное обсуждение рамок применимости дипольного приближения и приближения стоячей волны в секции 4.2.3. Возможно ли определить набор параметров, при котором оба приближения могут использоваться?
- Во введении в диссертации Иван пишет что рождение пар в столкновениях тяжелых ионов находится за рамками его работы. Я соглашусь с этим если речь идёт о медленных столкновениях с образованием «квазимолекул». Однако при ультра-релятивистских столкновениях, как мне кажется, предложенный метод мог бы использоваться в комбинации с методом Вайцеккера-Вильямса. Было бы интересно если бы Иван прокомментировал бы такую возможность.

- Было бы интересно обсудить возможность применения метода за границами одномерной (по координатам) геометрии. Например, что если лазерные пучки из секции 4.2 сталкиваются не «лоб в лоб» а под углом друг к другу? Насколько технически сложно обобщить метод для более сложных геометрий?

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 наук,
профессор Андрей Суржиков (Andrey Surzhykov)



10 января 2020