

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Артеменко Ивана Игоревича  
«Ионизационная инициация каскадов, спиновые и радиационные эффекты в сильных лазерных и  
плазменных полях», представленную на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 1.3.9 - Физика плазмы

Первая часть работы Артеменко И. И. посвящена развитию приближения эффективного постоянного поля для задачи об излучении жёстких фотонов пучком релятивистских электронов в сильном лазерном поле, а также развитию теоретического описания спектра излучения в постоянном магнитном поле с учётом действительной части показателя преломления вакуума, возникающего вследствие его поляризации сильным полем. Во второй части работы изучаются квантовоэлектродинамические (КЭД) каскады в сильном лазерном поле. В частности, строится модель ионизации, необходимая для правильного моделирования плазменной затравки таких каскадов, а также строится модель, описывающая скорость роста числа частиц в каскаде, развивающемся во вращающемся электрическом поле. В третьей части работы рассматривается динамика спина электронов в сильном лазерном поле, связанная с испусканием фотонов. Исследования, проведённые Артеменко И. И., имеют важное значение как для фундаментальной физики, так и для создания источников позитронов и жёстких фотонов, а также являются чрезвычайно актуальными, поскольку именно в настоящее время создаются мощные лазерные системы, для параметров которых, в основном, и проведены исследования Артеменко И. И.

Артеменко И. И. начал исследовательскую работу под моим руководством в 2015 году, будучи студентом факультета ВШОПФ ННГУ им. Лобачевского. В 2017 году защитил бакалаврскую дипломную работу, в 2019 – магистерскую, обе по профилю “физика”, в 2019 году поступил в аспирантуру ИПФ РАН и в 2023 г. успешно ее окончил. Артеменко И. И. Начал свою научную работу с численного моделирования КЭД каскадов в сильном лазерном поле, а также с построения модели ионизации, необходимой для правильного описания начального числа и распределения электронов, инициирующих каскад. С помощью построенной модели ионизации и численных расчетов было показано, что использование тяжёлых благородных газов выгоднее по сравнению с лёгкими, поскольку для тяжёлых газов ионизация нижних уровней наступает позже, и электроны не оказываются вытолкнутыми из области сильного поля. Стоит отметить, что построенная Артеменко И. И. модель ионизации прошла проверку сопоставлением с численным решением уравнения Шредингера. Также И. И. Артеменко улучшил теоретическое описание развития КЭД каскадов в сильном вращающемся электрическом поле. Построенная модель позволяет оценить число рождающихся в каскаде электронов и позитронов с хорошей точностью в большом диапазоне амплитуды поля. Также И. И. Артеменко была рассмотрена задача об излучении электронами жестких фотонов при встречном пролёте релятивистского электронного пучка сквозь релятивистски-сильный лазерный импульс. Было показано, что конечный спектр

электронов в режиме излучения большого числа фотонов малой энергии можно найти, решая более простую задачу о пролёте пучка электронов через область с постоянным однородным магнитным полем. И. И. Артеменко показано, что такая замена одной задачи на другую возможна в том числе для большой энергии и малого количества излучённых фотонов. Это существенно упрощает как теоретическое рассмотрение, так и численное моделирование задачи. Для области сверхсильных полей, ещё недоступной в экспериментах, И. И. Артеменко учёл влияние эффекта поляризации вакуума (а именно наведённой сильным полем действительной части показателя преломления вакуума) на процесс излучения фотонов заряженной частицей. Был выявлен физический смысл вносимых показателем преломления вакуума изменений в процесс излучения, а также получены спектры испускания фотонов мюонами в сверхсильном поле. И. И. Артеменко показал, что вносимые показателем преломления поправки в спектр электронов могут быть существенны только за пределами пертурбативной КЭД. Последнее время И. И. Артеменко проводил исследование влияния излучения на динамику спина электронов в сильных полях. И. И. Артеменко в рамках модели непрерывных радиационных потерь получено новое аналитическое решение, описывающее эффект Соколова-Тернова при меняющейся из-за потерь энергии электрона. Все полученные Артеменко И. И. результаты сопоставлялись с результатами численного моделирования соответствующих систем.

И. И. Артеменко показал хороший уровень теоретической подготовки, способность в значительной степени самостоятельно решать поставленные задачи и хорошие навыки численного моделирования. В ходе исследовательской работы проявил активность и заинтересованность, ответственный подход при выполнении поставленных задач. И. И. Артеменко выступал с докладами на российских, в том числе Нелинейные волны-2018, Радиофизическая конференция 2018, Нелинейные волны-2020, нелинейные волны 2022, межинститутский онлайн-семинаре “Новые методы ускорения частиц и экстремальные состояния материи” Результаты диссертационной работы представлены в статьях в таких журналах, как *Physical Review A* и *New Journal of Physics*.

Диссертационная работа Артеменко И. И. обладает значительной научной новизной и актуальностью, содержит оригинальные результаты, тема работы исследована достаточно полно, а высокий уровень компетентности соискателя как сформировавшегося научного работника не вызывает сомнений.

Считаю, что диссертационная работа Артеменко Ивана Игоревича «Ионизационная инициация каскадов, спиновые и радиационные эффекты в сильных лазерных и плазменных полях» соответствует требованиям ВАК, а автор достоин присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 - физика плазмы.

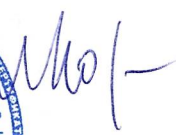
Научный руководитель

старший научный сотрудник Отдела сверхбыстрых процессов,  
кандидат физ.-мат.наук  
Неруш Евгений Николаевич  
08.02.2024 год



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46  
Телефон (831) 416-46-90  
Адрес электронной почты nerush@ipfran.ru

Подпись Е. Н. Неруша удостоверяю  
Ученый секретарь ИПФ РАН  
кандидат физико-математических наук



И. В. Корюкин