

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

по диссертации Булгаковой Марии Владимировны «Поляризационные и спектральные особенности электромагнитного излучения релятивистских частиц в веществе», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертация Булгаковой М.В. посвящена исследованию процессов прохождения и излучения ускоренных атомных частиц через твердотельные мишени. Физика протекающих явлений в таких условиях многообразна и давно привлекает внимание исследователей, что обусловлено фундаментальным характером происходящих процессов. Эта область науки является интенсивно развивающейся. Поскольку электромагнитное излучение свободных релятивистских частиц возникает в широком спектральном диапазоне, оно имеет важное значение для многочисленных применений, например, для детектирования частиц высокой энергии, диагностики пучков ускоренных частиц, создания лазеров на свободных электронах, мощных микроволновых и терагерцовых источников излучения, развития электронной микроскопии, медицинской терапии, оптической связи и т.д. Поэтому экспериментальные и теоретические исследования в этом направлении актуальны и представляют большой интерес для различных приложений. Таким образом, практическая значимость и актуальность проблем, исследуемых в диссертации Булгаковой М.В., сомнений не вызывает.

В диссертации Булгаковой М.В. проведено теоретическое исследование поляризационных и спектральных характеристик электромагнитного излучения релятивистских частиц в твердотельных радиаторах в различных спектральных диапазонах - от терагерцового до рентгеновского. Разработан компьютерный код, позволяющий моделировать переходное излучение и излучение Вавилова-Черенкова для различных радиаторов и пучков релятивистских частиц, в том числе тяжелых ионов, с учетом торможения и процессов перезарядки. Автор продемонстрировал хорошее знание литературы и проблематики данного направления физики.

Структура, объем и содержание диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, библиографии из 63 наименований, изложенных на 92 страницах текста, включая 23 рисунка и 2 таблицы. Во введении обоснована актуальность темы исследований, приведен краткий обзор работ по тематике диссертации,

сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость работы. Изложены положения, выносимые на защиту, информация о личном вкладе соискателя, степени достоверности и апробации результатов исследований.

В **первом** разделе диссертации дан краткий обзор работ по рассматриваемой проблеме физики конденсированного состояния, а именно: процессов электромагнитного излучения релятивистских заряженных частиц в различных средах и их значение для многочисленных применений.

Второй раздел посвящен описанию результатов исследования черенковского и переходного излучения в поглощающей среде конечных размеров. В этом разделе диссертации рассматривается влияние и размеров радиатора процессов поглощения на спектрально-угловые характеристики возникающего электромагнитного излучения на основе уравнений макроскопической электродинамики. Проведенное в этом разделе исследование и численные расчеты позволили автору сделать важные выводы. В частности, автором установлено, что торможение заряженной частицы в среде и поглощение излучения приводят к деструктивной интерференции полей электромагнитного излучения с различных участков траектории, что подавляет осцилляции в угловом распределении, а при высоких энергиях частиц выход переходного излучения из мишени конечной толщины превышает выход черенковского излучения.

В **третьем** разделе исследуются особенности рентгеновского поляризованного переходного и черенковского излучения при наклонном влете в мишень. Проведенные ранее исследования переходного и черенковского излучения при наклонном влете заряженных частиц привели к установлению асимметрии его углового распределения. Автором впервые установлено, что при наклонном влете частиц в мишень угловое распределение излучения становится не только несимметричным, но и интенсивность черенковского излучения компоненты с продольной поляризацией значительно возрастает, а угловая ширина уменьшается.

Четвертый раздел диссертации посвящен анализу спектрально-угловых характеристик поляризованного черенковского излучения релятивистских частиц в ультрафиолетовом, оптическом и терагерцовом спектральных диапазонах при наклонном влете в мишень. Используемый в этом разделе метод решения уравнений Максвелла, основанный на процедуре сшивок нормальных и тангенциальных компонент полей на границах раздела сред, учитывает отраженные волны от входной и выходной поверхностей мишени и позволяет получить наиболее полную информацию не только о

спектрально-угловом распределении возникающего электромагнитного излучения, но и о его поляризационных свойствах. Результаты расчетов неплохо согласуются с имеющимися экспериментальными данными. Наиболее интересным результатом этого раздела, на мой взгляд, является предсказание осцилляцией спектрально-угловой плотности черенковского излучения по азимутальному углу при нарушении азимутальной симметрии. Обнаруженный эффект может быть полезен для диагностики угловых характеристик пучков ускоренных релятивистских частиц.

В **пятом** разделе диссертации автором проведено исследование влияние процессов ионизации многозарядных ионов на характеристики переходного излучения. Очевидно, что спектрально-угловые характеристики возникающего излучения будут отличаться от характеристик обычного переходного излучения. Автором установлено, что наиболее существенную особенность можно наблюдать в случае излучения «назад», т.е. в направлении, противоположном движению иона, в виде появления узких максимумов в направлении вдоль поверхности раздела.

В **заключении** сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна. Все полученные в диссертационном исследовании результаты являются новыми, вносят существенный вклад в развитие физики взаимодействия заряженных частиц с веществом.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в решении актуальных задач прикладной физики, связанных с разработкой новых методов генерации монохроматического электромагнитного излучения в широком спектральном диапазоне, методов детектирования релятивистских заряженных частиц и определения параметров пучков сталкивающихся частиц в планируемых коллайдерах.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, содержащихся в диссертации М.В. Булгаковой, обусловлены использованием апробированных методов описания когерентного излучения релятивистских частиц, применением известных методов классической электродинамики, непротиворечивостью научных положений работы, выносимых на защиту, с результатами, приведенными в научной литературе по теме диссертации. Результаты работы неоднократно докладывались на Международных и Российских конференциях.

По теме диссертации опубликовано семь печатных работ, из которых три - в журналах, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и/или Web of Science и одна - в Перечень ВАК РФ.

Рецензируемая работа не свободна от недостатков. К ним, на мой взгляд, можно отнести следующие:

1. Недостаточно подробно описано угловое распределение поляризованного переходного излучения, показанного на рис. 3.2. Угловое распределение переходного излучения, как и черенковского, на первый взгляд также должно иметь вид полуколец, но более широких, однако из рисунка этого не видно. Возможно, сильная неравномерность распределения интенсивности не позволила автору показать на рисунке все данные и небольшое пояснение внесло бы некоторую ясность.
2. Сравнение результатов расчетов с имеющимися экспериментальными данными, показанное на рис. 4.4, приведено лишь для одного угла влета 23° . Хотя в цитированном эксперименте измерение спектральной плотности излучения проводилось для нескольких углов. Автору следовало бы привести расчеты и при других углах влета, что лишний раз подтвердило бы достоверность и обоснованность применяемых методов.
3. Имеются некоторые повторы в тексте диссертации. Например, в пятом разделе достаточно было бы лишь упомянуть метод решения уравнений Максвелла, который был подробно описан и применен в предыдущих разделах.
4. В обзор работ по рассматриваемой проблеме физики конденсированного состояния следовало бы добавить монографию: Гарибян Г.М., Ян Ши. Рентгеновское переходное излучение. –Ер.: Изд-во АН АрмССР. 1983. – 320 с.

Указанные замечания не являются существенными и не снижают общий высокий научный уровень диссертации.

Заключение. Диссертационная работа Булгаковой М.В. «Поляризационные и спектральные особенности электромагнитного излучения релятивистских частиц в веществе» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором самостоятельно. В работе представлены научные результаты, позволяющие их квалифицировать как новые. Результаты работы ясно изложены, текст

диссертационного исследования оформлен согласно требованиям действующих нормативных документов и соответствует паспорту специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния (п. 4 «Теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ»).

Основные научные положения и выводы обоснованы, достоверны, имеют научную и практическую значимость. В публикациях с достаточной полнотой отражены основные результаты диссертационной работы. Автореферат корректно отражает содержание диссертации.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод, что представленная к защите диссертационная работа Булгаковой М. В. «Поляризационные и спектральные особенности электромагнитного излучения релятивистских частиц в веществе» выполнена на высоком научном уровне и отвечает всем основным требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор – Булгакова Мария Владимировна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук по специальности 1.3.8 “Физика конденсированного состояния”, профессор, заведующий кафедрой общей физики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»



Калашников Николай Павлович

115409, Москва, Каширское ш., 31

e-mail: kalash@mephi.ru

тел.: +7 (915) 332-68-35

