

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Рыжикова Платона Сергеевича
на тему: «Энергия, импульс и угловой момент электромагнитного поля
в средах с нелокальным нелинейным оптическим откликом»
по специальности 1.3.19. Лазерная физика**

Диссертационная работа П.С. Рыжикова продолжает и развивает многолетние и систематические исследования Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, школа которого по нелинейной оптике в значительной мере сформировала само это научное направление и получила фундаментальные результаты в этой области. Уже в наше время группа проф. В.А. Макарова, к которой принадлежит диссертант, успешно развивает новые аспекты этой области, в том числе нелинейную и топологическую оптику наноструктур и структур с нелокальным оптическим откликом. Эта тематика стала особенно востребованной ввиду развития нанотехнологий, появления новых нелинейнооптических сред и нетривиальным особенностям нелинейнооптических явлений в «новых» средах. Диссертация П.С. Рыжикова посвящена фундаментальным вопросам теории нелинейной оптики в средах с пространственной дисперсией и потому ее тема безусловно является актуальной.

Диссертационная работа П.С. Рыжикова состоит из Введения, трех глав, Заключение, списка используемых обозначений и списка цитируемой литературы. Общий объем диссертации составляет 102 страницы, она содержит небольшое количество рисунков (только три). В Литературе даются ссылки на источники от 1909 г. до 2024 г. В оглавлении содержания диссертации имеются некоторые неточности. Так, раздел «Литература» в действительности начинается со стр. 94, а не 102 (на стр. 102 литература заканчивается). Каждая из глав начинается с краткого обзора состояния проблемы и завершается сводкой полученных в диссертационной работе результатов по соответствующему разделу.

Во Введении подчеркивается роль законов сохранения в физике и особенно в электродинамике, представляется краткая история исследований в этой области с выделением недостаточно изученных вопросов применительно к нелинейной оптике с нелокальным оптическим откликом. Диссертант демонстрирует хорошее знание предмета и широту кругозора. В то же время желательно было бы, не ограничиваясь ссылками, пояснить терминологию, например, симметрию Хевисайда-Лармора.

Первая глава посвящена симметрии тензоров оптической нелинейности. В обзорном параграфе и последующем тексте главы диссертант без оговорок ограничивается случаем, когда спектральные компоненты поляризации среды представимы в виде ряда по степеням компонент электрической напряженности. Вместе с тем следовало бы оговорить условия применимости такого подхода, когда среда, во-первых, является «ведóмой» полем и, во-вторых, этот ряд сходится. Эти условия нарушаются, например, в условиях одного из первых в нелинейной оптике эффекта самоиндуцированной прозрачности и в весьма актуальном при современном уровне лазерной техники случае сильных полей. Основным результатом здесь служат соотношения симметрии тензора нелокальной нелинейной оптической восприимчивости для однородной прозрачной (в отсутствие поглощения) среды. Эти соотношения важны и позволяют однозначную запись и в случае совпадающих частот компонент поля. Хотелось бы видеть также в этой главе сравнение оценки числа независимых компонент тензора восприимчивости для квадратичной или иной нелинейности при применении найденных соотношений симметрии.

Во второй главе выводятся выражения для плотности и потока энергии и импульса электромагнитного поля в среде пространственной дисперсией. В общем случае проблема однозначного выделения энергии поля в среде, по-видимому, неразрешима ввиду взаимодействия поля со средой. Ситуация облегчается в предположении прозрачности среды (пренебрежения релаксационными процессами), которое и принято в данной главе. Диссертант

показал, что учет нелинейности отклика среды может приводить к поправке порядка 10% в величинах указанных плотностей и потоков. К сожалению, при этом в диссертации не приводится какой-либо конкретный пример среды, в которой наблюдалось бы такое отклонение.

В третьей, последней главе получены выражения для плотности углового момента и его потока. Хотя это явно не оговорено, представляется, что среда вновь считается непоглощающей. Оценки показывают, что вклад нелинейности отклика в рассматриваемые плотности для параксиального гауссова пучка может достигать 10%. Однако и в этом случае не приводится конкретный пример среды, в которой достигалась бы такая величина поправки. Не ясно также, почему в уравнениях (3.2), (3.4) и (3.7) поставлен знак модуля у вещественных векторов напряженности поля.

Полученные в диссертации результаты оригинальны и достоверны. Это подтверждается 8 публикациями в рецензируемых журналах. Все публикации относятся к 2022–2024 годам, что свидетельствует о способности диссертанта быстро входить в проблематику задач и эффективно работать. Еще раз подчеркнем принципиальность и высокую значимость полученных соотношений симметрии. Автореферат достаточно полно раскрывает содержание диссертации.

В целом, диссертационное исследование П.С. Рыжикова соответствует специальности 1.3.19 – «Лазерная физика», а именно следующим ее направлениям: 3. Нелинейная оптика; генерация гармоник и суперконтинума; вынужденные рассеяния; нелинейно-оптические материалы; фотонные кристаллы и устройства, а также 4. Оптические материалы и устройства; голография; интегральная оптика; микроскопия; оптические сенсоры, измерения и метрология; плазмоника и оптика поверхности; физическая оптика.

Указанные при анализе содержания глав замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом

имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.19. Лазерная физика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Платонов Сергеевич Рыжиков заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник лаборатории атомной радиоспектроскопии, ФГБУН Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе РАН

РОЗАНОВ Николай Николаевич

14.11.2024

Контактные данные:

тел.: +7(981)105-5786, e-mail: nnrosanov@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.06 – Оптика

Адрес места работы:

194021, ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 26, Лаборатория атомной спектроскопии.

Тел.: (812)297-1017; e-mail: post@mail.ioffe.ru