

О Т З Ы В

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 посвящена рассмотрению величин, связанных законами сохранения энергии, импульса и углового момента электромагнитного поля, распространяющегося в средах, оптический отклик которых характеризуется одновременно нелинейностью по полю и пространственной нелокальностью. Интерес к этим величинам связан с их ролью в процессах взаимодействия света с веществом. Особый интерес для современной электродинамики представляют вопросы, связанные с угловым моментом света, что обусловлено обширными возможностями его практического применения. В то же время оптический отклик сред, проявляющих ярко выраженную пространственную нелокальность, оказывается существенно зависящим от углового момента распространяющегося в них излучения. Законы сохранения энергии и импульса электромагнитного поля также накладывают определённые ограничения на компоненты тензоров оптических восприимчивостей, описывающих линейные и нелинейные по полю оптические процессы. Определение этих ограничений необходимо для нахождения независимых компонент этих тензоров. В связи со сказанным выше, актуальность выбранной темы не вызывает сомнений, а полученные в диссертационном исследовании результаты представляют научную и практическую значимость.

В первой главе диссертации представлен вывод соотношений внутренней симметрии тензоров нелокальной нелинейной оптической восприимчивости. Обычно эти соотношения выводятся как необходимые условия для выполнения закона сохранения энергии, однако П.С. Рыжиков показал, что для вырожденных по частотам нелинейных оптических

процессов, протекающих в средах, обладающих нелокальным оптическим откликом, вывод этих соотношений также требует рассмотрения закона сохранения импульса электромагнитного поля. Используемый автором метод вывода соотношений внутренней симметрии применим как к однородным, так и к неоднородным средам. Результаты главы не только обобщают все ранее известные, полученные различными авторами в разных формах соотношения внутренней симметрии тензоров нелокальной оптической восприимчивости, но и дополняют их ранее неизвестными соотношениями. Более того, автор показал, что корректный вывод этих соотношений решает ранее существовавшую в этой области проблему искусственного введения дополнительных слагаемых в материальное уравнение, описывающее поляризацию неоднородных нелокальных сред, для выполнения в них закона сохранения энергии поля (ссылка [52] в диссертации).

Вторая глава диссертации посвящена получению компонент тензора энергии-импульса Минковского в однородных средах с нелокальным нелинейным оптическим откликом. Эти компоненты включают в себя плотности и плотности потоков энергии и импульса электромагнитного поля. В полученных выражениях для этих величин нелокальность нелинейного оптического отклика среды проявляется, во-первых, через изменение выражений для входящих в них компонент поляризации среды, и, во-вторых, в появлении новых ранее неизвестных слагаемых в выражениях для плотностей потоков энергии и импульса поля. В качестве примера автор рассмотрел величины связанных с локальным и нелокальным кубическим по полю откликом среды в процессе самовоздействия гауссова пучка в изотропной гиротропной среде и показал, что связанные с нелокальным кубическим откликом слагаемые могут приводить как к увеличению, так и к уменьшению энергии поля в зависимости от состояния его поляризации, причём состояниям поляризации с большей энергией соответствует меньшая длина самофокусировки.

В третьей главе работы получены явные аналитические выражения для компонент плотности и плотности потока углового момента электромагнитного поля в средах с нелокальным нелинейным оптическим откликом, а также выполнено разделение этих величин на орбитальные и спиновые составляющие. Выражения для компонент плотности и плотности потока углового момента выводятся на основе выражений для плотности и плотности потока импульса соответственно, вследствие чего нелокальность оптического отклика в плотности углового момента проявляется только через учёт новых слагаемых поляризации среды, а плотность потока углового момента содержит две группы новых слагаемых. Используя метод разделения углового момента на орбитальную и спиновую составляющие, основанный на представлении электрического и магнитного полей через скалярный и векторный потенциалы, П.С. Рыжиков получил выражения для орбитальной и спиновой компонент плотности и плотности потока углового момента электромагнитного поля в средах с нелокальным нелинейным оптическим откликом, а также показал, что помимо этих компонент плотность и плотность углового момента содержат третью компоненту, которая, тем не менее, не влияет на интегральные значения этих величин. При рассмотрении плотности и плотности потока спинового углового момента гауссова пучка, распространяющегося в изотропной гиротропной среде с кубической нелинейностью, было показано, что учёт нелокальности линейного и нелинейного оптического отклика приводит к существованию ненулевых значений этих величин у излучения с линейной поляризацией.

В диссертации П.С. Рыжикова решён ряд важных фундаментальных вопросов нелинейной оптики сред, обладающих нелокальным оптическим откликом. Полученные им результаты оригинальны, новы и достоверны, что подтверждается публикациями в рецензируемых международных научных журналах и выступлениями на всероссийских и международных профильных конференциях. Автореферат диссертации полностью соответствует её содержанию.

В качестве замечаний к диссертации отмечу следующее:

1. В разделе, посвящённом внутренней симметрии тензоров локальной и нелокальной линейной оптической восприимчивости неоднородных сред, были рассмотрены в том числе высшие порядки приближения по параметру пространственной дисперсии, однако не указано, какие именно оптические эффекты могут быть связаны с этими порядками и при каких условиях их можно наблюдать.
2. Во второй и третьей главах диссертации автором были получены связанные с нелокальностью нелинейного оптического отклика сред добавки к плотностям и плотностям потокам энергии, импульса и углового момента электромагнитного поля, но не были предложены способы экспериментального определения величины этих добавок. Также было бы интересно увидеть более детальное обсуждение возможности влияния этих добавок на различные оптические явления.
3. С учётом большого количества громоздких и тяжёлых для восприятия формул следовало бы включить в текст рукописи большее количество графиков, иллюстрирующих эти формулы. Кроме того, не всегда можно найти комментарии к полученным формулам. Например, на стр.50 формула (2.62) занимает 19 (!!) строк, и на ней обрывается повествование параграфа 2.2 без каких-либо дальнейших обсуждений.
4. Автор часто использует термин «балансное уравнение», однако в научной литературе уравнения такого вида обычно называют уравнениями непрерывности.

Вместе с тем, высказанные замечания не влияют на общую высокую оценку и значимость 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 именно следующим ее направлениям: 3. Нелинейная оптика; генерация гармоник и суперконтинуума; вынужденные рассеяния; нелинейно-оптические материалы; фотонные кристаллы и устройства, и 4. Оптические материалы и устройства; голография; интегральная оптика; микроскопия; оптические сенсоры, измерения и метрология; плазмоника и оптика поверхности; физическая оптика, 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, считаю, что соискатель Рыжиков Платон Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры общей физики
физического факультета ФГБОУ ВО
«Московский государственный
университет
имени М.В. Ломоносова

МАНЦЫЗОВ Борис Иванович

« 20 » ноября 2024

Контактные данные:

тел. +7(495)939-14-89, e-mail: mantsyzov@phys.msu.ru,

специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация:

01.04.05. Оптика.

Адрес места работы:

119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1, с. 2, ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
физический факультет, кафедра общей физики
Тел.: +7 495 939 16 82; e-mail: info@physics.msu.ru

Подпись доктора физико-математических наук,
профессора Манцызова Бориса Ивановича
заверяю:

« 20 » ноября 2024 г.