

## ОТЗЫВ

**научного руководителя на диссертацию «Топологические особенности непараксиальных световых полей в задачах линейной и нелинейной дифракции», представленной Кузнецовым Никитой Юрьевичем на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика»**

Диссертация Н.И. Кузнецова посвящена изучению топологических особенностей электрического поля электромагнитных волн, возникающих в результате их рассеяния на частицах с характерными пространственными размерами меньше длины волны, либо фокусировки параболическим зеркалом, а также роли, которую данные особенности могут играть в протекании некоторых нелинейно-оптических процессов.

В первой главе работы предложен оригинальный алгоритм построения линий строго линейной и строго циркулярной поляризации в трёхмерных квазимонохроматических электромагнитных полях, распределение векторов комплексной амплитуды электрического поля которых получено в результате численного эксперимента или аналитически. Этот метод использован в следующих двух главах диссертации в качестве основного инструмента исследования поляризационной структуры электромагнитного излучения, возникающего при рассеянии плоской электромагнитной волны на субволновых объектах или её острой фокусировки параболическим зеркалом. Уравнения, лежащие в основе этого метода, были получены совместными трудами сотрудников нашей лаборатории, а Н.Ю. Кузнецовым был полностью написан численный алгоритм их решения, учитывающий специфику сингулярных линий поляризации, в частности неопределённость направления касательного вектора к линиям линейной поляризации, затрудняющую использование классических счётных методов.

Основная часть работы Н.Ю. Кузнецова состояла в применении упомянутой методики поиска линий сингулярности поляризации к электромагнитным полям с выражено непараксиальной структурой, возникающим в различных задачах линейной и нелинейной дифракции, выявлении условий их возникновения и топологической классификации нетривиальных конфигураций этих линий. Н.Ю. Кузнецову удалось обнаружить, что при рассеянии плоской электромагнитной волны на частицах субволнового размера в результирующем электрическом поле возникают замкнутые линии строго циркулярной и строго линейной поляризации, которые могут быть независимы, либо сцеплены между собой. Показано, что наличие такого зацепления обеспечивает более высокую степень устойчивости линий линейной поляризации к вариации состояния поляризации падающей на частицу волны. Был дан положительный ответ на вопрос о

возможности существования линий сингулярности поляризации, завязанных в нетривиальные узлы, в трёхмерной структуре электромагнитного поля. В работе были впервые описаны сингулярные линии строго циркулярной поляризации, образующие две вариации узла «трилистник» с различным порядком симметрии и один более сложный торический узел, а также образующие трилистниковый узел линии сингулярности линейной поляризации.

Важную часть работы составляет исследование оптических лент Мёбиуса — поверхностей с нетривиальной топологией, которые могут заметать векторы осей эллипса поляризации электрического поля электромагнитной волны при обходе линии строго циркулярной поляризации по замкнутому контуру. Ранее в литературе данные особенности исследовались только для плоских контуров обхода. В диссертации были впервые рассмотрены оптические ленты, построенные на непланарных кривых, и проведён детальный анализ их топологических характеристик.

Интересные результаты получены при исследовании перспектив применения искусственных нейронных сетей к задачам нелинейной поляризационной оптики. Нейронная сеть, разработанная Н.Ю. Кузнецовым, успешно справилась с задачей определения параметров изотропной гиротропной среды с кубической нелинейностью оптического отклика по характеру нелинейной дифракции в ней лазерного излучения. Было показано, что качество предсказаний этой сети повышается при использовании в её работе и обучении результатов моделирования распространения через нелинейную среду лазерных пучков, содержащих сингулярность поляризации.

Результаты, представленные в диссертации, опубликованы в девяти работах в рецензируемых научных журналах из списков Scopus и Web of Science и доложены на девяти конференциях, в том числе на пяти — самим соискателем. Н.Ю. Кузнецов является талантливым молодым ученым, способным решать новые сложные физические задачи. Он умеет составлять математические и компьютерные модели, успешно находить, модифицировать и применять методы из смежных областей науки к сложным задачам поляризационной оптики. Ключевые результаты, вошедшие в диссертационную работу, получены автором лично; при его определяющем вкладе была подготовлена большая часть публикаций по теме диссертации.

Диссертация отвечает всем требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода, 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.

Н.Ю. Кузнецов несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика», я высоко оцениваю написанную им диссертацию и рекомендую ее к защите.

Научный руководитель:  
Доктор физико-математических наук,  
заведующий кафедрой общей  
физики и волновых процессов  
физического факультета МГУ,  
профессор

В.А. Макаров

Подпись В.А. Макарова заверяю:

Учёный секретарь Учёного Совета  
физического факультета МГУ  
профессор

В.А. Карavaев