



УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Объединенного института  
ядерных исследований  
академик РАН  
Трубников Г.В.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

**Мгера Давтяна**

### **«РОЛЬ СИММЕТРИЧНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ПРОБЛЕМАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН»,**

представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.03- Радиофизика

В последние годы с развитием технологий появилась возможность создавать материалы с требуемыми свойствами, например, с показателем преломления, который зависит от координаты по заданному закону. Поэтому с одной стороны, необходимо адекватное теоретическое описание распространения волн в таких средах, с другой стороны, сами эти среды могут быть использованы для изучения разнообразных оптических и квантовополевых эффектов. Так аналогия между электродинамикой в среде и в искривленном пространстве позволяет моделировать некоторые эффекты гравитации.

В диссертации М.Давтяна исследуются явления, связанные с распространением света в средах, обладающих различными типами пространственной неоднородности. Примерами таких сред являются фотонные кристаллы с периодически изменяющимся показателем преломления, а также среды со сферически-симметричными неоднородностями, такие как линза Лунбурга и «рыбий глаз» Максвелла.

Диссертация состоит из 5 глав и заключения. В первой вводной главе сделан обзор литературы по теме диссертации и перечислены ее главы с кратким изложением их содержания.

В Главе 2 рассматривается вращение поляризации электромагнитной волны в фотонном кристалле. Обсуждается резонансный характер этого явления. В главе описан эксперимент с одномерным фотонным кристаллом, в котором наблюдается эффект «опрокидывания» поляризации электромагнитной волны. Предложено теоретическое описание этого явления. Отметим, что теоретическая оценка первой резонансной частоты, полученная в работе, неплохо согласуется с экспериментом.

В Главе 3 рассматриваются среды, показатель преломления которых есть функция, обладающая центральной симметрией. Такая среда соответствует пространству с оптической метрикой трехмерной сферы или псевдосферы (двухполостного гиперболоида), и лучи в ней могут распространяться по замкнутым траекториям. Это дает принципиальную возможность преодолеть дифракционный предел, создать суперлинзу и плащ-невидимку.

В диссертации М. Давтяна модели показателя преломления с центральной симметрией, такие как «рыбий глаз» Максвелла и линза Лунбурга, исследовались методами теории гамильтоновых систем. Важную роль здесь играет то, что пространство трехмерной (псевдо)сферы обладает расширенной  $SO(4)$  симметрией ( $SO(3,1)$  для псевдосферы). Поэтому в такой системе имеются дополнительные интегралы движения. При этом замкнутые траектории световых лучей на фоне «рыбьего глаза» Максвелла могут быть найдены непосредственно из интегралов движения. Подход, разработанный в диссертации, распространяется и на другие профили показателя преломления, которым можно поставить в соответствие гамильтоновы системы с замкнутыми траекториями.

Траектории световых лучей лежат в плоскости ортогональной направлению углового момента. Учет поляризации (спина) приводит к вращению этой плоскости, чем нарушает невращательные симметрии оптической системы «рыбий глаз Максвелла», которые необходимы, например, для создания эффекта невидимости.

В Главе 4 диссертации исследовалась модель профиля показателя преломления, описывающая «рыбий глаз» Максвелла, деформированный с учетом поляризации. Предложенная деформация восстанавливает все симметрии оптического гамильтониана исходной модели, которые нарушаются при учете поляризации падающей волны, и гарантирует замкнутость траекторий поляризованных фотонов. Также предложена модифицированная модель линзы Лунбурга и найдены траектории лучей.

В Главе 5 рассматривалось излучение от заряженной частицы, движущейся в среде с профилем показателя преломления, описываемым моделью «рыбий глаз Максвелла». Показано, что это излучение имеет дискретный спектр. Найдена его интенсивность. Основная длина волны излучения определяется характерным размером профиля показателя преломления. Получена пороговая скорость заряженной частицы в такой среде, необходимая для возникновения излучения. Исследовано угловое распределение излучения в среде без поглощения.

Перечислим замечания к диссертации.

В параграфах 2.3-2.5 перепутана нумерация формул. Например, на стр. 23 перед формулой (30) написано, что она следует из уравнения (41), которое мы встречаем а стр. 30. На самом деле формула (30) очевидно следует из уравнения (27).

В левой части уравнения (11) должна быть первая производная по  $z$ , а не по  $x$ . Непонятно, почему на стр. 17 двумерный оператор Лапласа обозначен символом  $\Delta_1$ , а на стр. 20 символом  $\Delta_2$ . На стр. 21 дважды повторяется предложение о диэлектрической функции одномерной модели Кронига-Пенни.

На стр. 32, начало параграфа 3.2 совпадает с началом параграфа 4.1, стр. 51. В диссертации дважды дается определение принципа Ферма. На стр. 48 в начале параграфа 3.6 первое предложение совпадает с первым предложением на стр 57. Формула (78) на стр. 48 совпадает с формулой (101) на стр. 57.

Было бы полезно добавить в диссертацию определения таких понятий как идеальное линзирование, невидимость, монополь Берри.

Несмотря на замечания, диссертация М. Давтяна – это самостоятельное законченное научное исследование. Выносимые на защиту результаты являются новыми и актуальными.

Результаты работы докладывались на международных конференциях и школах. В частности, диссертация была рассмотрена на школе «Суперсимметрия и интегрируемость» в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ 31 января 2022 года. Участники школы отметили актуальность и высокий уровень исследования.

Результаты, представленные на защиту, опубликованы в рецензируемых журналах с высоким импакт-фактором. Автореферат верно отражает содержание диссертации.

Диссертация М.Давтяна соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Мгер Давтян, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03-радиофизика.

Отзыв составила

Начальник сектора ЛТФ ОИЯИ  
кандидат физико-математических наук,



И. Г. Пироженко

Директор Лаборатории теоретической  
физики им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ,  
доктор физико-математических наук,  
член-корреспондент РАН



Д. И. Казаков