

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шараповой Полины Родионовны «Квантовые корреляции и перепутывание в неклассических состояниях света и атомных системах, взаимодействующих с ними», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05-Оптика

Диссертация П.Р. Шараповой посвящена теоретическому описанию квантовых корреляций фотонов при параметрическом испускании и квантовых корреляций фотонов и атомов в процессе ионизации. Обращение к теме квантовых корреляций фотонов при параметрическом испускании имеет давнишнюю историю. Однако до сих пор математический аппарат описания пространственных эффектов фотонных корреляций в условиях узких пучков накачки практически не применялся из-за громоздкости и из-за отсутствия аналитических решений. Шараповой П.Р. удалось преодолеть эту проблему и предложить удобный математический аппарат на основе так называемых мод Шмидта. В диссертации приведены примеры использования разработанного аппарата для расчета пространственных фотонных корреляций в ряде схем параметрической генерации, имеющих практическое значение. Тема ионизации атомов в сильном поле излучения также имеет свою историю. Здесь Шарапова П.Р. обратилась к описанию ионизации в весьма необычных условиях – в условиях, когда сильное поле представлено небольшим числом фотонов. Такие условия еще не достигнуты в реальных экспериментах по ионизации атомов, однако с каждым годом экспериментальные установки совершенствуются и теоретические предсказания эффектов вполне востребованы. Таким образом, теоретические изыскания в диссертационной работе Шараповой П.Р. относятся к самым современным областям оптики и лазерной физики.

Диссертация состоит из трех глав.

Первая глава диссертации является обзорной. В ней содержится обзор научной литературы по двум направлениям: квантовые особенности излучения параметрической генерации и особенности ионизации атомов лазерным излучением. Представленный обзор литературы выглядит достаточно полным. Наиболее удачной оказалась вторая часть обзора, где кроме описания основных эффектов и явлений ионизации атомов обоснована постановка задачи, решаемой в диссертации.

Вторая глава диссертации посвящена разработке теории формирования пространственных характеристик параметрического излучения, порождаемого в квадратично-нелинейной среде пучком лазерной накачки ограниченного поперечного сечения. Здесь Шараповой П.Р. удалось довольно успешно применить

язык мод Шмидта. В результате конечные формулы приняли обозримый вид, и стало возможным выполнить конкретные расчеты угловых распределений и фотонных корреляций параметрических волн. Примеры для расчетов были взяты Шараповой П.Р. из конкретных экспериментов, проводимых группой соавторов, и получено хорошее согласие с экспериментальными данными. Здесь в качестве особо удачного примера следует отметить параметрическую генерацию излучения в схеме, где одна из параметрических волн распространяется вдоль «сноса» накачки (раздел 2.5.2). Таким образом, новизна этой первой части диссертационного исследования состоит в разработке теоретического аппарата параметрической генерации света, пригодного для описания пространственных характеристик параметрических волн, включая их фотонные корреляции.

В третьей главе представлено теоретическое описание фотоионизации атомов в условиях эффекта стабилизации, т.е. когда вероятность ионизации перестает расти с ростом интенсивности излучения. Рассмотрение проведено на квантовом языке не только для атома, но и для излучения. В модели атома учтен непрерывный спектр состояний и два дискретных близких по энергии (ридберговских) уровня при наличии или в отсутствие резонансной связи с нижележащим состоянием. Рассмотрены различные примеры квантовых состояний излучения: сжатое состояние и состояние с заданным числом фотонов. Известно, что учет особенностей квантового состояния излучения оправдан, когда сильное поле представлено небольшим числом фотонов – десятки или сотни. Казалось бы, что в излучении с небольшим числом фотонов поля недостаточно велики для фотоионизации. Однако в современных опытах по ионизации атомов экспериментальные установки с каждым годом совершенствуются, эксперименты проводятся с атомами в высокочастотных резонаторах, многократно увеличивающих амплитуду поля малого числа фотонов. В этих условиях теоретические предсказания особенностей фотоионизации вполне востребованы. В результате расчетов обнаружено, что квантовое состояние излучения оказывает заметное влияние на эффект стабилизации фотоионизации: в поле сжатого света стабилизация наступает при меньших значениях степени ионизации. К сожалению, в этих расчетах не выявлена специфика сжатого состояния. Возможно, что фотонные корреляции сжатого света здесь несущественны, а важна лишь общая статистика фотонов. Этот вопрос можно было бы прояснить с помощью расчета с излучением с тепловой статистикой. Этого не было сделано, что можно отнести к недостаткам работы. Расчетами продемонстрирована возможность сильного перепутывания атомно-полевых состояний при взаимодействии атома с квантованным полем. При этом перепутанность атомных и полевых переменных описана на языке параметра Шмидта. Обнаружена связь между степенью перепутывания (= параметром Шмидта) и степенью ионизации атома. Рассмотрен

предельный случай взаимодействия атома с полем одного фотона. Показано, что и в этом случае также может иметь место эффект стабилизации фотоионизации атома.

Результаты диссертационного исследования Шараповой П.Р. опубликованы в российских и международных журналах: Квантовая электроника, Nature Communications, Physical Review A, Optics Letters, Laser Physics Letters и неоднократно доложены на международных научных конференциях.

Текст Автореферата правильно отражает содержание диссертации.

В целом диссертационное исследование Шараповой П.Р. выполнено на высоком научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научных задач, имеющих важное значение для развития современной квантовой оптики и атомной физики. Шарапова П.Р. демонстрирует хорошее владение теоретическим аппаратом, умеет решать задачи, вытекающие из постановки экспериментов. Полученные ею результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Представленная диссертационная работа удовлетворяет всем критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Считаю, что автор диссертации, Полина Родионовна Шарапова, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Официальный оппонент
д.ф.-м.н., профессор,
руководитель Отделения Оптики
Физического Института им. П.Н. Лебедева РАН

26.11.2015



А.В. Масалов

Адрес: 119991 ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д.53
Эл. почта: masalov@sci.lebedev.ru, служ.тел.: +7(499) 135-20-28

Подпись А.В. Масалова заверяю:
И.о. ученого секретаря ФИАН
к.ф.-м.н.



М.М.Цвентух