

ОТЗЫВ

Члена диссертационного совета на диссертацию
Вашукевича Евгения Александровича
на тему «**Генерация и хранение кластерных состояний света на основе мод с орбитальным угловым моментом**»
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Высокоразмерные многочастично-запутанные квантовые системы, включая многофотонные поля, активно изучаются в настоящее время и применяются в квантовых вычислениях, при построении систем квантовой криптографии и оптических коммуникациях. Новые возможности открываются с использованием орбитального углового момента (ОУМ) света, особенно с развитием экспериментальных методов генерации пучков с заданными параметрами. Это дало мощный толчок в исследовании квантовой природы ОУМ характеристики поля. В частности, многомерный характер этого параметра является привлекательным ресурсом для расширения квантовых информационных емкостей. Поэтому **актуальность** исследования Вашукевича Евгения Александровича не вызывает сомнений.

В представленной к защите работе Вашукевичем Е.А. изучен протокол генерации кластерных состояний света на основе эффекта спонтанного параметрического рассеяния света на нелинейном кристалле в высокочастотном резонаторе. Такая постановка задачи является классической в вопросах построения многочастично-перепутанных состояний. Для анализа собственных степеней свободы системы автором была применена техника диагонализации гамильтониана в базисе собственных мод системы, применяемая другими исследователями ранее в основном только для изучения квантовых свойств многочастично-перепутанного по частоте излучения синхронно-накачиваемого оптического параметрического генератора. Поскольку орбитальный угловой момент является дискретной степенью свободы, Вашукевичу Е.А. удалось аналитически построить решения динамических уравнений для ограниченного числа мод и указать оптимальный для наблюдения квантовых эффектов базис.

Последовательно строя теорию, Вашукевич Е.А. обращается к вопросам сохранения света с орбитальным угловым моментом на ячейке квантовой памяти, состоящей из облака холодных атомов с лямбда конфигурацией энергетических уровней. Предложенный автором выбор квантовых переменных позволяет описать эволюцию атомного ансамбля, взаимодействующего с двумя оптическими полями со сложным пространственным профилем, замкнутой системой уравнений. Важным результатом является тот факт, что, как показано автором диссертации, сохранение света с орбитальным угловым моментом возможно без потерь эффективности (относительно хорошо изученного рамановского протокола памяти). Более того, в рассматриваемой задаче возможно преобразование орбитального углового момента света, что открывает широкие перспективы в использовании ячейки памяти в качестве активного элемента вычислительных схем. Анализируя параметры системы, Вашукевич Е.А. нашёл условия, при которых преобразование проходит с эффективностью, близкой к единице.

Несмотря на несомненные достоинства работы по тексту диссертации можно сделать ряд замечаний. Вопросы в основном сводятся к уточнению физических механизмов:

- 1) В гл. 2 используется накачка модами Лагерра-Гаусса с проекциями ОУМ ± 1 . Хотелось бы видеть более детальное и более глубокое обсуждение, почему такой выбор является простейшей накачкой, приводящей к нетривиальным перепутанным состояниям. В частности, чем обосновано предположение, что если накачивать систему модами с более высоким порядком ОУМ, это приведет к созданию нескольких кластеров меньшего размера? В чем уникальность выбранного режима (ОУМ ± 1)?



- 2) В гл. 2 приводится несомненное преимущество созданного метода по сравнению с методами используемыми ранее. Например, в [130] ожидаемый теоретических максимум в количестве сжатых мод не был достигнут из-за того, что процесс измерения вносил нежелательную процедуру дискретизации. В работе Вашкуевича моды изначально дискретны и такой проблемы не возникает. Однако всегда есть причины, по которым в эксперименте можно приблизиться к теоретическим предсказанием только в какой-то степени. Что будет ограничивать количество сжатых мод в предложенном методе? К каким несовершенствам экспериментам особенно чувствительна созданная схема? Больше рассмотрений в таком ключе хотелось бы видеть и в других главах.
- 3) Как и в большинстве работ по квантовым вычислениям, автор начинает рассмотрение с идеализированных схем в пределе бесконечного (идеального) сжатия. Однако в ряде схем в гл. 2 и гл. 3 присутствует как идеальное, так и неидеальное сжатие, иногда в одной и той же системе. В некоторых случаях рассматривается порог достижимого сжатия и рассчитываются параметры для получения идеального сжатия, которое конечно никогда не достижимо. Ошибок в методологии, вычислениях и результатах нет, но формулировки должны быть более четкими. Рамки, когда рассматривается идеальный случай (и даже в этом случае не достигается идеальное сжатие), а когда используются реалистичные схемы с неидеальным сжатием, должны быть четко очерчены.
- 4) Касательно выбора перетяжек пучков в гл. 2, 3, соотношение 1:1 кажется более очевидным, так как создает максимальное перекрытие мод. Труднее интуитивно понять, почему максимальная эффективность в гл. 2 (текст в районе рисунков 2.2 и 2.3) достигается при другом соотношении. Есть ли идеи в этом отношении?
- 5) Гл. 4 прекрасно написана и представляет крайне интересную задачу, получены важные результаты. Готовится ли эксперимент по этой теоретической разработке?
- 6) Хотелось бы услышать более подробное обсуждение, какие именно преобразования мод с ОУМ возможны в схеме предложенной в гл. 5 и для чего они могут быть использованы.

Сделанные замечания не умаляют значения и не снижают общей высокой оценки работы. Диссертационная работа Вашкуевича Евгения Александровича «Генерация и хранение кластерных состояний света на основе мод с орбитальным угловым моментом», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, является завершённой научно-квалификационной работой. Основные результаты опубликованы в открытой печати и доложены на выступлениях на российских и международных конференциях.

На основании вышеизложенного, я считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Вашкуевич Евгений Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 — Оптика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Отзыв составила

N. Korolkova

Профессор факультета Физики и Астрономии Университета Сент-Эндрюс

Dr. habil. Королькова Наталья Владимировна

01 сентября 2020, г. Сент-Эндрюс