

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации С.В. Винцкевича “Лоренц-инвариантная масса классических импульсов излучения и перепутанных состояний бифотонов”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика. Диссертация С.В. Винцкевича посвящена применению фундаментального понятия лоренц-инвариантной массы к классическим импульсам электромагнитного излучения и квантовым состояниям поля, а также исследованию режимов спонтанного параметрического рассеяния света (СПРС). Наличие ненулевой лоренц-инвариантной массы пространственно локализованного импульса определяет среднюю скорость распространения импульса как изолированной системы, которая всегда меньше скорости света. Фундаментальный характер понятия лоренц-инвариантной массы и связанной с этим понятием скорости распространения локализованных импульсов света обуславливают **актуальность рассматриваемой диссертационной работы.**

Первая глава диссертации содержит вывод формул для напряженности электрического поля, средних значений импульса и энергии на примере довольно простой модели, где состояние поля оптического импульса описывается многомодовыми когерентными состояниями. Получено общее выражение для лоренц-инвариантной массы. Рассмотрен классический Гауссов импульс и вычислена напряженность его поля. Автор осуществил сравнение напряженностей полей, полученных в классическом и квантовом описаниях. Существенным результатом данной главы, на мой взгляд, является аналитическое выражение для лоренц-инвариантной массы Гауссова импульса, полученное в рамках параксиального приближения. Стоит отметить, что в первой главе автор уделяет существенное внимание физическому смыслу лоренц-инвариантной массы импульса, которая оказывается связанной с энергией расплывания этого импульса в системе центра инерции. На основе лоренц-инвариантной массы рассчитывается скорость распространения Гауссова импульса на целого. Получение результаты хорошо согласуются с результатами недавних экспериментов. **Во второй главе** автор снова рассматривает вопрос о замедлении скорости распространения Гауссова импульса, но теперь с использованием другого подхода. В этом подходе импульс представляется в виде суперпозиции отдельных частей волнового фронта. В результате, скорость распространения импульса как целого представляет собой взвешенную суперпозицию проекций скоростей на основное направление распространения. Эта скорость полностью совпадает со скоростью, полученной в первой главе. Этот существенный факт говорит о

целостности и непротиворечивости исследования, проведенного в рамках данной диссертационной работы. Часть второй главы посвящена численным расчетам лоренц-инвариантной массы для классических импульсов с различной нетривиально пространственной конфигурацией (структурированный свет). Показано, что все эффекты, связанные с лоренц-инвариантной массой, проявляются в первую очередь в случае импульсов с ярко выраженной дифракцией. Кроме того, показано, что замедление скорости распространения локализованных импульсов существенно зависит от пространственной структуры распределение поля оптического импульса. **Третья глава** посвящена исследованию бифотонов в СПРС. Прослежена важная связь между параметром Шмидта и лоренц-инвариантной массой. Показано, что в случае, когда релеевская длина накачки значительно больше толщины кристалла, параметр Шмидта и лоренц-инвариантная масса прямо пропорциональны друг другу. Полученная зависимость позволяет определить массу по параметру Шмидта, доступному для наблюдения в эксперименте. Заключительная **четвертая глава** детально раскрывает особенности различных режимов СПРС с синхронизмом первого типа, существенно влияющих на квантово-интерференционные свойства бифотонов в экспериментах типа Хонга-У-Манделя. Управляющими параметрами режимов СПРС были выбраны частотная невырожденность и угловая неколлинеарность. Автором получена волновая функция бифотонов в зависимости от данных параметров и временной задержки в одном из каналов распространения фотонов. Рассмотрены две схемы угловой селекции в интерференционных экспериментах с использованием двух и четырёх щелей. Для обоих случаев получены аналитические зависимости вероятностей разделения бифотонов после делителя пучка. В схеме с четырьмя щелями предсказано возникновение осцилляций вероятности разделения фотонов, что является, на наш взгляд, интересной особенностью данной схемы. В заключении приводятся основные результаты диссертации. Результаты работы обладают значительной **научной новизной**. Данная работа интересна с методической и фундаментальной точек зрения. Предложенные автором новые подходы в измерении скорости распространения как классических импульсов, так и квантовых состояний поля, обуславливают её **практическую значимость**. Результаты работы были апробированы на ведущих профильных отечественных и международных конференциях. В диссертации автор подробно раскрывает все защищаемые положения и решает поставленные научные задачи. **Автореферат** правильно отражает все основные результаты диссертационной работы.

Замечания к работе:

1. На с. 11 автор пишет: “В свободном пространстве (вакууме) функции \vec{F}^+ и \vec{F}^- эквивалентны”. Данное утверждение неверно. Рассматриваемые векторные функции не могут быть эквивалентны, т.к. соответствуют состояниям электромагнитного поля с различной спиральностью. Фактически, здесь рассматривается известное представление уравнений Максвелла в форме Майорана. Соответствующая теория подробно изложена в замечательной книге А.И. Ахиезера и В.Б. Берестецкого по квантовой электродинамике (см. издание 1981 года). Более внимательное изучение этой книги позволило бы автору избежать указанной и других неточностей в изложении. К сожалению, диссертант совершает ещё одну неточность, приводя в качестве основоположника рассматриваемого подхода польского физика Бялыницкого-Бируля (Białynicki-Birula), целиком ориентируясь на его изложение, игнорируя при этом другие, не менее важные источники, что приводит к определённой ограниченности диссертации в изложении данной темы.

2. Наряду с лоренц-инвариантной массой, автор рассматривает понятие “плотности массы поля”. Рассматриваемая величина, однако, на деле не является плотностью массы. Диссертант отмечает, что не существует прямого соответствия между концепцией плотности массы и лоренц-инвариантной массой, но никак фактически не исследует взаимосвязь между этими характеристиками, что несколько нарушает целостность изложения.

3. В работе много говорится о преобразованиях Лоренца, но фактически не рассматривается структура электромагнитного поля в различных системах отсчета. В частности, упоминается система отсчёта покоя (система центра инерции), но ни для одного типа импульса не найдено само поле и его структура в этой самой системе отсчёта покоя. В результате, соответствующие переходы между различными системами отсчета рассматриваются только формально. Между тем, принцип относительности является, прежде всего, конкретным физическим принципом. Это означает, что физическая картина явлений, полученная в некоторой гипотетической системе отсчета, в принципе, может быть реализована и в реальных физических экспериментах. К сожалению, автор не исследовал такого рода интересные и важные возможности и связанные с ними задачи. Также, с сожалением надо отметить, что диссертант фактически не рассматривает эффект Доплера, играющий фундаментальную роль в рассматриваемых им явлениях.

4. В диссертации имеется довольно много опечаток, а также стилистических ошибок и неточностей.

В целом, однако, сделанные замечания не снижают общего хорошего впечатления о диссертации и, в значительной степени представляют собой пожелания для дальнейших возможных исследований. Важно также отметить, что высказанные замечания не снижают значимости полученных автором действительно существенных научных результатов.

Работа “Лоренц-инвариантная масса классических импульсов излучения и перепутанных состояний бифотонов” удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям, и её автор Винцкевич С.В. несомненно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 — Лазерная физика.

Отзыв составлен официальным оппонентом диссертации Винцкевича С.В. доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Физико-Технологического Института им. К.А. Валиева РАН, заведующим лабораторией физики квантовых компьютеров

Богдановым Юрием Ивановичем

Дата “28” Ноября 2019 г.



/Ю.И. Богданов/

Подпись Ю.И. Богданова удостоверяю



 В. П. Сосина

28.11.2019г.

С отзывом ознакомлен

23.11.2019



Винцкевич С.В.