

«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»

На тему: Однофотонные интерференционные явления
с точки зрения волновой функции фотона

Сорокин Андрей
Владимирович



Магнитогорск, 2020



Цель работы

Целью выпускной квалификационной работы является объяснение опыта Юнга в рамках одночастичной квантовой механики фотона при моделировании его волновой функции в координатном представлении, соответствующей монохроматическому излучению от точечного источника.



Методы исследования

Предмет исследования: интерференция света и опыт Юнга.

Методы исследования: аналитические и численные методы расчета и преобразований интегралов, дифференциальных уравнений и математических объектов.

Теоретическая значимость: Описание однофотонных интерференционных явлений в рамках квантовой механики фотона.



Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Поиск и изучение соответствующей литературы, касающейся данной тематики.
2. Ознакомление с математическим пакетом, необходимым для выполнения расчетов и получения нужных результатов.
3. Изучить математический аппарат квантовой механики фотона и применение однофотонной волновой функции в существующей литературе для объяснения интерференции света.
4. Применить однофотонную функцию фотона для описания однофотонных интерференционных опытов



Актуальность работы

В настоящее время однофотонные состояния, используются в квантовой криптографии, перспективных разработках квантовых компьютеров, осуществлении квантовой телепортации при проверке методологических основ квантовой теории и физики в целом. В связи с этим снова актуализируются вопрос о возможности обоснования представлений о фотоне как объекте, который можно полагать локализованным в определенной области пространства в некотором промежутке времени. В таких случаях описание распределения отдельных фотонов в пространстве можно осуществлять с помощью волновой функции фотона в координатной представлении, конструируя из нее соответствующую пространственную плотность вероятности обнаружения фотона в каждый момент времени.



Общий метод построения однофотонной волновой функции

В работе используется одночастичная волновая функция фотона в координатном представлении, в виде интеграла (волнового пакета) от циркулярно-поляризованных плоских волн, являющихся обобщенными собственными функциям и квантово-механических операторов импульса, энергии и спиральности фотона с коэффициентами разложения :

знаки « \pm » в верхних индексах отвечают фотону с положительной и (гипотетической) отрицательной энергией, а « \pm » или « \pm » в нижних индексах и в коэффициентах $\lambda_{\pm 1}$ – спиральности . Векторы поляризации , где , – вещественные единичные взаимно ортогональные векторы, образующие правую тройку с .



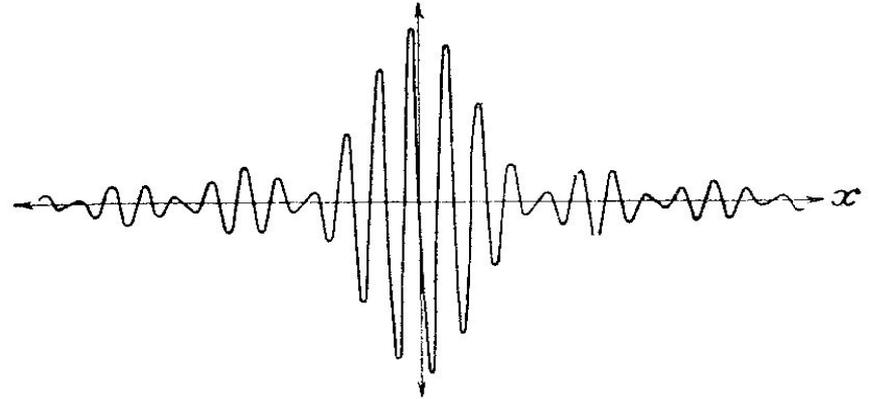
Выбор коэффициентов разложения

При моделировании распространения свободного однофотонного волнового пакета использовалось гауссовское распределение по импульсам фотона, для которого коэффициент α (для общего анализа) выбирался в виде

При построении волновой функции фотона с целью объяснения опыта Юнга коэффициенты вычислялись соответственно дипольному электрическому излучению, то есть за исходные величины взяты напряженности поля

ВОЛНОВОЙ ПАКЕТ

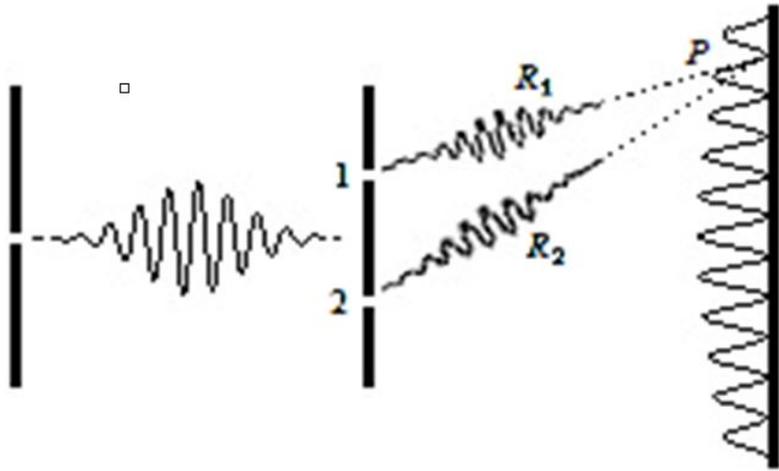
Путем наложения (суперпозиции) плоских волн с непрерывно меняющимися волновыми числами можно осуществить такой волновой процесс, при котором амплитуда волны будет заметно отличаться от нуля только в небольшой части пространства, а в остальном пространстве будет почти равна нулю. Такой волновой процесс называется волновым пакетом.



Волновой пакет



Опыт Юнга с точки зрения волновой функции фотона



При обсуждении опыта Юнга для объяснения волновых свойств частиц, обладающих массой, прибегают к волновой функции в координатном представлении. Для опыта Юнга, результат интерференции сводится к установлению разности фаз двух монохромных волн, проходящие через отверстия 1 и 2, встречающихся в точке P на втором экране.





