**Квантовые оптические нейронные сети с программируемыми керровскими нелинейностями**

***Черных Е.А. 1,2, Сайгин М.Ю. 1,3, Стручалин Г.И. 1, Кулик С.П. 1,3, Страупе С.С. 1,2***

*студент*

*1Центр квантовых технологий и физический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
2Российский Квантовый Центр, Москва, Россия  
3Лаборатория «Квантовая инженерия света», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия*

*e-mail:* [*chernykh.ea18@physics.msu.ru*](mailto:chernykh.ea18@physics.msu.ru)

На сегодняшний день линейно-оптическая платформа является одной из самых перспективных для создания квантовых вычислительных устройств. Информация кодируется за счёт фотонов, распространяющихся через многоканальные интерферометры. Однако, уже для двух кубитов большинство операций, выполняемых линейной оптикой, являются недетерминистическими [1]. Эту проблему можно решить за счёт использования программируемых нелинейных элементов с параметром , которые описываются формулой .

Одной из областей, где нашли своё применение нелинейные элементы, является физическая реализация квантовых нейронных сетей на фотонной платформе. Принцип действия квантовых нейронных сетей схож с идеей классической нейронной сети – чередование линейных слоев, содержащих в себе обучаемые параметры, с нелинейными функциями, которые так же называют функциями активации. Реализация квантовой оптической нейронной сети (QONN), предложенная на сегодняшний день [2], работает согласно описанному выше принципу. Роль линейных обучаемых слоёв играют многоканальные линейно-оптические интерферометры, которые разделены слоями из одиночных нелинейных элементов с фиксированными параметрами в каждой моде.

При масштабировании схем увеличивается число кубитов, и пространство оптимизируемых параметров, соответственно, тоже становится больше. Обучение такой нейронной сети становится сложной задачей для алгоритмов оптимизации. В нашей работе предлагается подход, в котором используются линейные элементы с фиксированными параметрами, а обучение происходит за счёт варьирования параметров программируемых элементов. В результате распространения фотонов через интерферометр возникают так называемые “некубитные” состояния, что позволяет линейным элементам перераспределять фотоны между модами перед их прохождением через программируемые нелинейные слои.

Квантовые оптические нейронные сети на основе статической линейной оптики и нелинейных программируемых элементов обладают значительным преимуществом, так как число изменяемых параметров в каждом слое линейно по числу мод, что делает задачу менее вычислительно сложной для различных оптимизационных алгоритмов.

В данной работе предлагается новая архитектура квантовой оптической нейронной сети и демонстрируется её способность решать различные задачи квантовой информации, такие как приготовление заданных квантовых многокубитных состояний и алгоритм VQE.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС» (грант № 23-2-1-52-1).

**Литература**

1. Knill E., Laflamme R., Milburn G. J. A scheme for efficient quantum computation with linear optics //Nature. 2001. Т. 409. №. 6816. С. 46-52.
2. Steinbrecher G. R. et al. Quantum optical neural networks //npj Quantum Information. 2019. Т. 5. №. 1. С. 60.