

## МИНИМИЗАЦИЯ СПОНТАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДВУМЕРНЫХ СИСТЕМАХ АТОМОВ

Жоголев С.К. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – Волков И.А. (Университет ИТМО)

**Введение.** На данный момент квантовые интерфейсы, которые служат для хранения, обработки и передачи квантовой информации, являются актуальными в области как фундаментальных научных исследований, так и высокотехнологичных приложений, включающих квантовые коммуникации и вычисления. Однако возникают фундаментальные проблемы, которые мешают внедрению этих разработок, такие как неэффективность хранения квантовой информации и уязвимость к декогеренции - процессу потери квантовых свойств информации. Интерес к защите квантовых состояний от декогерентности, вызванной спонтанным излучением, продолжает стимулировать теоретические [1] и экспериментальные [2] исследования. Так, например, управление скоростью спонтанного излучения в атомных ансамблях был продемонстрировано путем расположения атомов в большие регулярные двумерные массивы [3].

**Основная часть.** В данном исследовании анализируются результаты, полученные с помощью метода дифференциальной эволюции. Мы обнаружили, что в конфигурациях полученные для разного числа атомов и близких диапазонов минимальных расстояний между ними наблюдаются одинаковые элементы.

Моделируемые нами системы состоят из двухуровневых атомов с дипольными моментами перехода, ориентированными нормально к плоскости структуры. Взаимодействие между атомами описывается гамильтонианом, содержащим диадную функцию Грина, компоненты которой соответствуют "ближнему" и "дальному" полям [4]. Путем численного решения задачи на собственные значения гамильтониана взаимодействия мы определяем распределения дипольных моментов собственных мод и соответствующие им комплексные собственные частоты. Мнимая часть собственной частоты связана со скоростью излучения энергии данной моды в окружающее пространство и является обратной времени жизни однофотонного состояния.

Далее мы приступили к поиску состояний с минимальными энергетическими потерями для произвольных конфигураций атомов на плоскости. Для этого мы использовали алгоритм, основанный на методе дифференциальной эволюции – стохастический алгоритм для многомерной оптимизации, использующий эволюционные принципы: мутацию, скрещивание и селекцию.

**Выводы.** Важно отметить, что результаты, полученные в нашей работе для ансамбля из нескольких дипольных излучателей, не могут быть легко предсказаны на основе известных физических механизмов подавления радиационных потерь, установленных для больших массивов. При этом, в небольших ансамблях состояния с сонаправленными дипольными моментами, выстроенными в треугольную решетку, оказываются более субрадиационными в широком диапазоне значений минимальных допустимых расстояний, в то время как краевые состояния в одномерных цепочках доминируют только при достаточно малых межатомных расстояниях [5].

В заключение отметим, что мы использовали алгоритм дифференциальной эволюции для поиска оптимальных конфигураций малых атомных ансамблей. В зависимости от минимально допустимого расстояния между атомами, склонны образовываться различные квазирегулярные структуры, такие как одномерные цепочки, фрагменты треугольных и квадратных решеток. Благодаря различным геометриям и механизмам подавления потерь в этих структурах, заранее нетривиально предсказать точные оптимальные конфигурации.

Список источников:

1. Scully M. O. Single photon subradiance: quantum control of spontaneous emission and ultrafast readout //Physical review letters. – 2015. – Т. 115. – №. 24. – С. 243602.
2. Rui J. et al. A subradiant optical mirror formed by a single structured atomic layer //Nature. – 2020. – Т. 583. – №. 7816. – С. 369-374.
3. Facchinetti G., Jenkins S. D., Ruostekoski J. Storing light with subradiant correlations in arrays of atoms //Physical review letters. – 2016. – Т. 117. – №. 24. – С. 243601.
4. Novotny L., Hecht B. Principles of nano-optics. – Cambridge university press, 2012.
5. Volkov I. et al. Non-radiative configurations of a few quantum emitters ensembles: Evolutionary optimization approach //Applied Physics Letters. – 2024. – Т. 124. – №. 8.