

УДК 537.12

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОН-ЭЛЕКТРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА НЕЗАТУХАЮЩИЙ ТОК В ПРОВОДАХ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Гоулд Э. С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Попов И. Ю.  
(Университет ИТМО)

Построена модель квантовых графов для системы соединенных квантовых колец в поперечном магнитном поле. Рассмотрены как линейное, так и нелинейное уравнения Шрёдингера с магнитным полем. Найден незатухающий ток для обоих случаев. В линейной ситуации вычисления выполнены аналитически, а в нелинейной – численно. Выяснено влияние электрон-электронного взаимодействия на незатухающий ток в системе.

**Введение.** Незатухающий ток – явление, наблюдаемое в мезоскопических системах, в которых электрон ведет себя как квантовая частица, причем электронный транспорт при низких температурах можно считать баллистическим. Если данная система имеет структуру связанных колец размера порядка микрометра, помещенных в магнитное поле, то симметрия направлений тока в кольцах нарушается, что и приводит к появлению незатухающего тока. Такой ток имеет порядок величины  $10^{-7}$  А [1]. Для систем такого типа достаточно эффективно работает модель квантовых графов [2]. Но точное решение удастся найти только для линейного уравнения Шрёдингера, а учет электрон-электронного взаимодействия приводит к нелинейному уравнению Шрёдингера, которое приходится решать численными методами.

**Основная часть.** Численное решение нелинейного уравнения Шрёдингера проводилось с помощью библиотеки Python [3]. Решены начальные задачи для нелинейного и линейного уравнений Шрёдингера для волновой функции электрона на одном кольце с различными величинами радиуса, добавленного магнитного поля, силы электрон-электронного взаимодействия, волнового числа и начальной производной волновой функции. Численное линейное решение помогает проверить алгоритм и удалить ошибку. Решениями уравнений являются произведения двух периодических функций: первая — фазовый сдвиг с постоянной медленной скоростью изменений, а вторая имеет более сложную форму с постоянной короткой длиной волны. Быстрые синусоидальные колебания — для линейного уравнения Шрёдингера, а слегка деформированные синусоидальные колебания — для нелинейного уравнения Шрёдингера. Частоты нелинейного и линейного уравнений Шрёдингера с теми же параметрами не совпадают.

**Выводы.** Вычислена зависимость изменения частот от параметров до необходимой точности и найдены решения, где начало и конец совпадают, чтобы решить краевую задачу.

### Список использованных источников:

1. Chandrasekhar V., Webb R.A., et.al. Magnetic response of a single isolated gold loop. // Phys. Rev. Lett. – 1991. – V. 67. – P. 3578–3581.
2. Popov I.Yu., Popov A.I., Gilev P.A., Chatterjee A. Quantum graph as a benchmark for persistent current. // Nanosystems: Phys. Chem. Math. – 2024. – V. 15 - № 4 – P. 470–473.
3. Virtanen P., Gommers R., et.al.. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. // Nature Methods. – 2020. –V. 17 - № 3 – P. 261-272.

Автор \_\_\_\_\_ Гоулд. Э.С.

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Попов И.Ю.