

УДК 537.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОН-ЭЛЕКТРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА НЕЗАТУХАЮЩИЙ ТОК В КВАНТОВЫХ ПРОВОДАХ

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 линейные, так и нелинейные уравнения Шредингера 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 Шредингера, а учет электрон-электронного взаимодействия приводит к нелинейному уравнению Шредингера, которое приходится решать численными методами.

Основная часть. Численное решение нелинейного уравнения Шредингера проводилось с помощью библиотеки Python [3]. Незатухающие токи найдены для разных значений параметров. Использование алгоритма решения начальных задач для данных уравнений без электрон-электронного взаимодействия показывает, что очень быстрые колебания, связанные с высоким волновым числом Ферми электронов в золоте, добавляют растущую ошибку, гася амплитуду. Эта проблема решалась методами, предложенными в [4]. Решения найдены для различных значений параметра нелинейности в нелинейном уравнении Шредингера.

Выводы. Были решены численными методами начальные задачи для линейного уравнения Шредингера и для нелинейного уравнения Шредингера 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.

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.
4. Petzold L.R., Jay L.O., Yen J. Numerical solution of highly oscillatory ordinary differential equations. // Acta Numerica. – 1997. – № 6 – P. 437–483

Автор _____ Гоулд. Э.С.

Научный руководитель _____ Попов И.Ю.