

УДК 537, 519.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА НА РЕЗОНАТОРЕ МЁБИУСА

Лытаев А.А. (Национальный исследовательский университет ИТМО)

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

Введение. Рассматривается задача о нахождении волновой функции электрона, двигающегося по поверхности, свёрнутой в форме ленты Мёбиуса, и помещённой во внешнее магнитное поле. Классической теорией электромагнетизма объясняется эффект Холла – смещение электронов в проводнике в направлении перпендикулярном направлению их тока и внешнему магнитному полю так, что это смещение компенсируется индуцируемой разностью потенциалов. При учёте квантовых эффектов также наблюдается скачкообразная зависимость возникающей разности потенциалов от силы протекающего в проводнике тока. Эффект Холла имеет множественные приложения в технике и метрологии. В данной работе рассматривается данное явление в случае геометрии в виде листа Мёбиуса. В таком случае эффект Холла усиливается в два раза при фиксированном размере материала по сравнению с плоским листом за счёт того, что при попадании электрона на противоположную сторону ленты Мёбиуса, поле с учётом направления также меняет знак, что приводит к усилению эффекта.

Основная часть. Данная система описывается с помощью магнитного оператора Шрёдингера. В качестве граничных условий требуется равенство нулю искомой волновой функции на границах ленты и её согласование при переходе с одного участка на другой. Решение этой задачи находится как линейная комбинация функций Куммера – конфлюэнтных гипергеометрических функций. При этом оказывается, что каждому периоду осцилляции волновой функции вдоль ленты соответствует бесконечное количество собственных функций. В данном исследовании проводится анализ зависимости поведения волновой функции от величины магнитного поля и изучается пространственное распределение областей, на которых волновая функция отлична от нуля по резонатору.

Выводы. При построении полученных решений было получено их визуальное стремление к решениям, получаемым для спектральной задачи оператора Лапласа при малых значениях величины магнитного поля. Его увеличение приводит к смещению распределения волновой функции к одной из поперечных границ резонатора. При этом, для собственных функций высоких порядков наблюдается разделение резонатора на несколько непересекающихся областей, на которых квадрат модуля волновой функции отличен от нуля, что позволяет утверждать о возможности изолировать электрон в каждой из них. Однако, при сравнении полученных результатов с задачей об операторе Лапласа без магнитного поля, количество таких областей сокращается, в частности, мы не наблюдаем изменений величины волновой функции в продольном направлении для произвольной величины потока поля из-за того, что магнитное поле частично снимает вырождение для каждого значения собственной энергии оператора Гамильтона. Возможность использовать магнитное поля для переноса электрона из одной области носителя волновой функции в другую является одним из практических результатов данного исследования.

Список использованных источников:

1. Popov I.Y. A model of charged particle on the flat Möbius strip in a magnetic field. // *Nanosystems: Phys. Chem. Math.* – 2023. – № 14(4). – P. 418–420.
2. P. Berard, B. Helffer, R. Kiwan. Courant-sharp property for Dirichlet eigenfunctions on the Möbius strip. // *Portugalicae Mathematica* – 2021. – № 78(1). – P. 1–41.