

Анализ рассеяния на крупномасштабном потенциале в двумерных электронных системах с низкой концентрацией

А. Ю. Кунцевич
ФИАН, Москва, Россия

В двумерных системах носителей заряда с малыми концентрациями n_s и, соответственно, сильным межчастичным взаимодействием наблюдаются проводимость металлического типа и переход металл-диэлектрик при дальнейшем уменьшении концентрации [1, 2]. Этим фундаментальным явлениям посвящено много работ, но квантовое основное состояние двумерной системы в присутствии сильных корреляций и беспорядка до сих пор остается неизвестным, несмотря на то, что в теории рассматривается целый ряд возможных состояний как ферми-жидкостного, так и не ферми-жидкостного типа.

Различные теоретические модели предсказывают различные соотношения между характерными временами релаксации в системе. Определяя эти времена с помощью транспортных измерений, можно делать выводы о применимости той или иной теории. Рассеяние носителей в транспорте и магнитотранспорте характеризуется, в частности, двумя временами: временем рассеяния на большие углы τ_{tr} , которое определяется из проводимости, и временем рассеяния на все углы τ_q , которое определяется из амплитуды квантовых осцилляций. Из экспериментальных данных для Si-МДП структур следует, что по мере уменьшения концентрации отношение τ_q/τ_{tr} увеличивается от 0.7 до 2 и, возможно, более. Это изменение отношения в три раза не может быть объяснено в рамках теорий, предполагающих рассеиватели точечными [3]. Недавно были предложены модели [4] с макроскопическими рассеивателями. Смысл этих моделей состоит в том, что в электронной жидкости возникают включения твердой электронной фазы. Размер включений возрастает по мере понижения концентрации и может оказаться много больше длины волны электронов. Существование таких макроскопических рассеивателей должно существенно изменить характер рассеяния и соотношение между временами рассеяния.

В данной работе рассматривалось несколько моделей крупномасштабного потенциала рассеяния: зеркальный, r^{-2} и другие, для которых были решены двумерные квантовомеханические одночастичные задачи рассеяния и получены следующие результаты:

- 1) выяснено, что по мере увеличения размера рассеивателя отношение времен выходит на константу, зависящую от типа потенциала, и не обязательно совпадающую с классическим значением $4/3$;
- 2) воспроизведен «оптический» парадокс, при котором полное квантовое сечение рассеяния в два раза больше геометрического, что согласуется с экспериментальными данными;
- 3) обнаружено, что на соотношение времен рассеяния влияет резкость границы потенциала;
- 4) для всех рассмотренных видов потенциала установлено, что отношение τ_q/τ_{tr} быстро спадает от единицы с увеличением радиуса потенциала.

Таким образом, в простейшей одночастичной модели рассеяния на крупномасштабном потенциале получается соотношение времен, существенно отличающееся от единицы, характерной для короткодействующего потенциала [3]. Зависимость τ_q/τ_{tr} от n_s при больших концентрациях удается понять качественно. Эти результаты указывают на целесообразность детального рассмотрения задачи двумерного, но уже многократного рассеяния на крупномасштабном потенциале.

Литература

- [1] E. Abrahams *et al.*, Rev. Mod. Phys. **73**, 251 (2001) и цитированную там литературу.
- [2] V. M. Pudalov cond-mat/0405315 и цитированную там литературу.
- [3] G. Zala, B. N. Narozhny, and I. L. Aleiner, Phys. Rev. B **64**, 214204 (2001); Phys. Rev. B **65**, 020201 (2001).
- [4] B. Spivak, Phys. Rev. B **67** 125205 (2003).