

# Эффекты «памяти» в магнетотранспорте и спиновой динамике

В. Ю. Качоровский

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, Россия

Непрерывное уменьшение размеров полупроводниковых приборов инициировало активные исследования транспортных, оптических и спин-зависимых явлений в низкоразмерных неупорядоченных наноструктурах. Хорошо известно, что с переходом на наномасштабы возрастает роль квантовых эффектов. С другой стороны, в последние годы было ясно осознано, что не только квантовые, но и чисто классические явления могут приводить к интересной физике в наносистемах. В докладе обсуждается ряд нетривиальных транспортных явлений, имеющих чисто классическую природу: индуцированная магнитным полем классическая локализация [1, 2], отрицательное [1–5] и положительное [6] магнетосопротивление в сильных магнитных полях, аномальное магнетосопротивление в слабых магнитных полях [7–9], неаналитическая частотная зависимость проводимости [10] и нелоренцевская форма циклотронного резонанса [11]. Все эти явления возникают благодаря классическим эффектам «памяти» (немарковским эффектам), которые не учитываются в стандартном подходе Друде-Больцмана. Физически, эти эффекты проявляются при многократных диффузионных (или баллистических) возвратах электрона в одну и ту же область пространства. Например, рассеявшись на какой то примеси один раз, электрон «запоминает» ее расположение и вернувшись в ту же область пространства обязательно рассеивается снова. Величина эффектов памяти обычно характеризуется классическим параметром  $d/l$ , где  $d$  — характерный масштаб беспорядка в системе, а  $l$  — длина свободного пробега. Однако, даже в тех случаях, когда параметр  $d/l$  мал, немарковские эффекты могут существенно изменить транспортные свойства системы. Мы кратко обсудим взаимодействие классических эффектов памяти и квантовых эффектов, роль которых в ряде случаев также сводится к своеобразной квантовой «памяти». Поскольку роль квантовых эффектов характеризуется параметром  $\lambda/l$  (где  $\lambda$  — длина волны де-Бройля электрона), классические эффекты могут доминировать в системах с крупномасштабным беспорядком, где  $d \gg \lambda$ . Как мы покажем, эффекты классической и квантовой «памяти» могут быть существенными не только в магнетотранспорте, но и в спиновой динамике электронов. В частности, эти эффекты могут приводить к замедлению спиновой релаксации в низкоразмерных системах [12–14] и к аномалии в эффекте Ханле [15].

## Литература

- [1] M. Fogler, A. Dobin, V. Perel, and B. Shklovskii, *Phys. Rev. B* **56**, 6823 (1997).
- [2] E. M. Baskin and M. V. Entin, *Physica B* **249**, 805 (1998).
- [3] A. V. Bobylev *et al.*, *J. Stat. Phys.* **87**, 1205 (1997).
- [4] A. D. Mirlin *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **87**, 126805 (2001); D. G. Polyakov *et al.*, *Phys. Rev. B* **64**, 205306 (2001).
- [5] A. Dmitriev, M. Dyakonov, R. Jullien, *Phys. Rev. B* **64**, 233321 (2001).
- [6] A. D. Mirlin, J. Wilke, F. Evers, D. G. Polyakov, and P. Wolfle, *Phys. Rev. Lett.* **83**, 2801 (1999).
- [7] A. Dmitriev, M. Dyakonov, R. Jullien, *Phys. Rev. Lett.* **89**, 266804 (2002).
- [8] V. V. Cheianov, A. P. Dmitriev, V. Yu. Kachorovskii, *Phys. Rev. B* **68**, 201304(R) (2003).
- [9] V. V. Cheianov, A. P. Dmitriev, V. Yu. Kachorovskii, *Phys. Rev. B* **70**, 245307 (2004).
- [10] J. Wilke, A. D. Mirlin, D. G. Polyakov, F. Evers, and P. Wölfle *Phys. Rev. B* **61**, 13774 (2000).
- [11] D. G. Polyakov, F. Evers and I. V. Gornyi, *Phys. Rev. B* **65**, 125326 (2002).
- [12] A. G. Mal'shukov, K. A. Chao and M. Willander, *Phys. Rev. B* **52**, 5233 (1995); *Phys. Rev. Lett.* **76**, 3794 (1996).
- [13] I. S. Lyubinskiy, V. Yu. Kachorovskii, *Phys. Rev. B* **70**, 205335 (2004).
- [14] I. S. Lyubinskiy, V. Yu. Kachorovskii, *Phys. Rev. B* **73**, 041301 (2006).
- [15] I. S. Lyubinskiy, V. Yu. Kachorovskii, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 076406 (2005).