

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Андрея Дмитриевича Заболотского
«Корреляционные эффекты и эффекты управления в дираковских материалах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 — Теоретическая физика

Работа А. Д. Заболотского «Корреляционные эффекты и эффекты управления в дираковских материалах» посвящена явлениям в активно изучаемых в последние годы материалах, в которых носители заряда киральны и имеют линейный закон дисперсии — являются фермионами Дирака. Начало разработке этой темы положили исследования графена, опубликованные А. Геймом и К. Новоселовым в 2004–2005 годах. Были продемонстрированы необычные электронные свойства дираковских фермионов в графене: полупелый квантовый эффект Холла при комнатной температуре, клейиовское туннелирование, вызываемое деформациями гигантское псевдомагнитное поле, независящий от концентрации параметр кулоновского взаимодействия. В настоящее время продолжаютя фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования графена, в том числе конкретно влияния корреляционных эффектов, и разработки приборов наноэлектроники, нанооптики, спинтроники, долинной электроники и стрейнтроники на основе графена и других двумерных материалов. Это подтверждает актуальность работы.

В работе успешно решен ряд задач. Рассчитана квантовая емкость и перенормированная скорость Ферми дираковских фермионов в графене с учетом кулоновских обменных и корреляционных эффектов. В графене в магнитном поле рассчитаны энергии электронных переходов с учетом кулоновского взаимодействия дираковских фермионов. Показано, что деформация вызывает появление гигантского управляемого псевдомагнитного поля в дираковском материале 8-Pmmn-борофене; получен потенциал этого поля в зависимости от тензора деформаций. Получен потенциал псевдомагнитного поля для всех возможных трехмерных дираковских материалов, обусловленных симметрией. Выведены обобщения теоремы вириала для термодинамических параметров и волновой функции дираковских фермионов в твердых телах.

В работе впервые приведены явные точные выражения для энергии, квантовой емкости газа дираковских фермионов в графене с учетом корреляционных эффектов, проведены сравнения с точными данными экспериментов из литературы. Материал 8-Pmmn-борофени мало изучен, статья А. Д. Заболотского о псевдомагнитном поле в нем

была лишь третьей опубликованной работой о нем, но с тех пор эта область заметно развилась, как показано в обзорном разделе этой части работы. Теорема вириала для дираковских фермионов в кристалле — тоже новый результат.

В работе использованы надежные методы: диаграммная техника для многочастичных эффектов, теория групп для эффектов управления токами при помощи деформаций. Кроме того, проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными и результатами первопринципных расчетов, что подтверждает их достоверность.

Значимость работы обусловлена важной ролью квантовой емкости в электронных характеристиках устройств нанoeлектроники на основе дираковских материалов, а также возможностью применения результатов первой и третьей глав работы к функционалам плотности для дираковских фермионов в приближении локальной плотности. Гигантские псевдомагнитные поля, обсуждаемые во второй главе диссертации, могут использоваться в устройствах стрейнтроники, долинной электроники.

Графен и другие двумерные материалы перспективны для элементов микроэлектроники, нанооптики и сенсоров; в частности, квантовая емкость имеет существенное значение для наноустройств на основе графена. Результаты работы позволяют точно учитывать влияние корреляционных эффектов на электронные свойства графена, открывают возможность использования деформаций для управления долинно-поляризованными токами в определенных материалах.

А. Д. Заболотский окончил Московский физико-технический институт в 2014 году, после чего поступил в аспирантуру Института спектроскопии РАН по специальности 01.04.02 — Теоретическая физика, а также поступил на работу в Центр фундаментальных и прикладных исследований Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н. Л. Духова (ВНИИА), где работает и сейчас в должности научного сотрудника; в 2014 году был переведен из аспирантуры ИСАН в аспирантуру ВНИИА. А. Д. Заболотский уверенно владеет математическим аппаратом квантовой теории поля, навыками работы с математическим программным обеспечением, а также навыками поиска и систематизации научной литературы: он проделал большую работу по изучению работ как по теории электронных явлений в графене, так и по приложениям двумерных материалов в нанoeлектронике. Он способен самостоятельно ставить задачи и находить подходы к их решению. В частности, А. Д. Заболотский предложил рассмотреть псевдомагнитное поле с точки зрения симметрий, нашел и изучил литературу, сделал обзорный доклад на эту тему на семинаре нашей научной группы. Результаты своих исследований он неоднократно излагал в устных выступлениях, в том числе на Российской конференции по физике полупроводников и крупной международной

конференции Graphene Week. Имеются публикации в рецензируемых научных журналах, в том числе 4 публикации в журнале "Physical Review B".

Таким образом, я полагаю, что работа А. Д. Заболотского выполнена на высоком уровне и полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней к кандидатской диссертации, а также паспорту специальности, а сам он успешно справился с поставленными задачами, является компетентным самостоятельным научным работником и безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — Теоретическая физика.

Научный руководитель
к. ф.-м. н.,
заведующий лабораторией
спектроскопии наноструктур
Института спектроскопии РАН
Юрий Ефремович Лозовик



23 июля 2018 г.

Адрес: 108840 г. Москва, г. Троицк, ул. Физическая, Институт спектроскопии РАН
E-mail: lozovik@isan.troitsk.ru
Телефон: (495) 851-08-81

Подпись зав. лаб. спектроскопии наноструктур, проф. Ю.Е. Лозовика заверяю:

Ученый секретарь

Института спектроскопии РАН, к.ф.-м.н. Е.Б. Перминов

