О Т З Ы В

научного руководителя Максимовой Галины Михайловны на диссертационную работу Азаровой Екатерины Сергеевны «Электронные и транспортные свойства периодических и неупорядоченных барьерных структур на основе дираковских материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Получение графена в 2004г. и обнаружение у него целого букета необычных свойств, обещающих широкие возможности использования этого материала в различных приложениях, сделало его предметом огромного числа теоретических и экспериментальных исследований. Однако, как хорошо известно, применение графена в устройствах микро- и наноэлектроники затруднено вследствие отсутствия щели в спектре носителей. Существуют различные принципиальные возможности создания щелевых модификаций графена: использование различных подложек, химическая модификация и т.д. С другой стороны, открытие графена инициировало синтезирование других двумерных материалов. Так, в последние годы активно изучаются дихалькогениды переходных металлов, гексагональный нитрид бора (*h*-BN) и вертикальные гетероструктуры, состоящие, например, из чередующихся слоёв графена и *h*-BN. Квазидвумерный материал – силицен, который называют кремниевым аналогом графена, также вызывает интерес исследователей в связи с перспективами применения его в спинтронике и кремниевой электронике. Этот материал был выращен на металлических подложках (Ag, ZrB_2 и Ir). В отличие от графена, в дираковской точке силицена, вследствие спин-орбитального взаимодействия, появляется запрещенная зона, ширина которой может регулироваться внешним перпендикулярным электрическим полем. Свойства этого материала, поведение во внешних полях, структуры на его основе обсуждаются во множестве теоретических работ.

В диссертационной работе Е.С. Азаровой проведено теоретическое исследование электронных состояний и транспортных характеристик структур на основе щелевого графена или силицена. Е.С. Азарова начала специализироваться на кафедре теоретической физики под моим руководством в 2010г., будучи студенткой 3-го курса. Основные результаты, полученные в период обучения ею в бакалавриате, представлены в статье, опубликованной в журнале Physical Review B в 2012 г. В этой работе рассматриваются электронные состояния и спектр графеновой сверхрешетки с пространственно-модулированной дираковской щелью, определены условия появления новых дираковских точек, проведено сравнение с полученными ранее результатами для сверхрешеток из бесщелевого графена. Впоследствии, параллельно с обучением в магистратуре и аспирантуре, Е.С. Азарова продолжила исследования многобарьерных графеновых (силиценовых) структур. В рамках тематики диссертационной работы ею решен ряд задач. Так, был рассчитан продольный сдвиг пучка электронных волн, отражающихся от границы неоднородности в щелевом дираковском материале (аналог оптического эффекта Гуса-Хенхен). Для слабо-неупорядоченной графеновой сверхрешетки получено аналитическое выражение для

длины локализации, установлены делокализационные резонансы, которые, в зависимости от характера флуктуирующего параметра, являются приближенными или точными, т.е. не зависящими от степени беспорядка. Исследован энергетический спектр и персистентные токи мезоскопических графеновых (силиценовых) колец с дефектами.

Все задачи, поставленные перед Е.С. Азаровой, были полностью решены. Результаты, представленные в диссертации, докладывались автором на многих конференциях.

Оцениваю работу Е.С. Азаровой над кандидатской диссертацией как плодотворную и успешную. За время работы над диссертацией Е.С. Азарова проявила упорство в достижении цели, достаточную математическую культуру и понимание физической картины изучаемых явлений. Считаю, что уровень квалификации Е.С. Азаровой в области физики конденсированного состояния достаточно высок и вполне соответствует степени кандидата наук. Работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе критериям II-го раздела Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор Азарова Екатерина Сергеевна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Галина Михайловна Максимова
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры теоретической физики
ННГУ им. Н.И. Лобачевского.
603950, Нижний Новгород, просп. Гагарина 23
Телефон: +7 831 4623304
E-mail: maksimova@phys.unn.ru

02.09.2019г.

Подпись Максимовой Г.М.
Заверяю. Ученый секретарь ННГУ
Л.Ю. Черноморская
Тел. 462-30-21