

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук Абдрахманова Данила Ирековича на тему:
«Влияние дефектов на формирование скирмионных фаз в магнитных
пленках»
по специальности 1.3.3. Теоретическая физика

Диссертационная работа Абдрахманова Д.И. посвящена актуальной и важной проблеме современной физики конденсированного состояния и спинтроники – исследованию влияния структурных и обменно-редуцированных дефектов на стабилизацию, локализацию и фазовые переходы топологически нетривиальных магнитных текстур, в частности, скирмионов в магнитных и магнитоэлектрических тонких пленках. Тема исследования является актуальной и современной, в связи с большим числом работ по данной теме. Практическая значимость работы связана с перспективами создания новых устройств хранения и обработки информации на основе скирмионов, где контроль их положения и устойчивости является ключевой задачей.

Структура диссертации логична, изложение материала последовательное. Объем работы (100 страниц) и список литературы (109 источников) соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

В первой главе рассматривается фрустрированная антиферромагнитная монослойная пленка с симметрией треугольной решетки с обменно-редуцированным дефектом. Методом наискорейшего спуска и методом Монте-Карло моделирования показано, что наличие дефекта, хотя и не меняет температуру разрушения скирмионной решетки, существенно повышает её устойчивость к внешнему магнитному полю. Дефект способствует образованию скирмионов при меньших полях и увеличивает их плотность, что приводит к более стабильной фазе по отношению к тепловым флуктуациям.

Во **второй** главе рассмотрена модель ферромагнитной бислойной пленки, где верхний слой содержит структурный дефект типа «отверстие», а нижний слой обладает взаимодействием Дзялошинского-Мория. Установлено, что дефект в верхнем слое создает локальную неоднородность, которая стабилизирует скирмионы строго под собой в нижнем ферромагнитном слое. Ключевым результатом является то, что сформулированы требования для создания одиночного скирмиона: диаметр дефекта должен быть сопоставим с размером скирмиона при заданных параметрах взаимодействий.

В **третьей** главе ранее рассмотренный подход обобщен на более сложную систему — магнитоэлектрический бислой, где ферромагнитный слой (со взаимодействием Дзялошинского-Мория) связан магнитоэлектрическим взаимодействием с сегнетоэлектрическим слоем, содержащим дефекты. Построены модели двух типов дефектов («отверстие» и обменно-редуцированный) и двух конфигураций магнитоэлектрической связи. Показано, что дефект в сегнетоэлектрическом слое эффективно экранирует магнитоэлектрическое воздействие на область под собой, позволяя локально стабилизировать скирмионную фазу в ферромагнитном слое даже в условиях, когда в остальной области плёнки она подавлена. Впервые для модели с неоднородным взаимодействием продемонстрирована возможность стабилизации одиночного скирмиона в нулевом внешнем магнитном поле, что является важным с точки зрения перспективных разработок энергоэффективных устройств.

Автором опубликовано 7 научных статей в рецензируемых журналах, индексируемых в международных базах данных, что свидетельствует о признании полученных результатов научным сообществом. В диссертации последовательно решен комплекс задач, направленных на достижение поставленной цели: построены и исследованы модели различных типов дефектов в антиферромагнитной фрустрированной пленке, ферромагнитной бислойной и магнитоэлектрической бислойной пленках. Полученные

результаты имеют научную новизну и практическую ценность, что отражено в положениях, выносимых на защиту.

Несмотря на общую высокую оценку работы, в тексте диссертации и представленных результатах можно выделить ряд моментов, требующих уточнения или дополнительного обсуждения.

1. Во всех главах указано использование периодических граничных условий. Однако наличие единичного дефекта (особенно крупного, диаметром до 50 узлов) в таких системах фактически моделирует периодическую решетку дефектов. В тексте не обсуждается, как расстояние между дефектами (определяемое размером расчетной ячейки) влияет на результаты расчетов.
2. В первом положении выносимом на защиту (п.1) утверждается, что структурный дефект приводит к увеличению температуры фазового перехода. В тексте главы 1 (§1.5) указано, что переход для системы с дефектом происходит при $T \sim 0.5$, а для системы без дефекта – при $T \sim 0.34$. Это действительно увеличение. Однако на рис. 1.5(с) пурпурная линия (без дефекта) имеет излом и при $T \sim 0.34$, и при $T \sim 1.05$. Было бы желательно сделать более конкретное обоснование, какой именно из этих изломов соответствует разрушению скирмионной решетки, а какой – другому процессу.
3. В Главе 2 при анализе фазовых диаграмм (рис. 2.3) вводится новая фаза «sk-local» (скирмионы, локализованные строго под дефектом). Критерий выделения этой фазы в многопараметрическом пространстве требует дополнительного пояснения.

Вместе с тем, указанные замечания не являются принципиальными и не снижают высокой оценки диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.3. Теоретическая

физика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Абдрахманов Данил Ирекович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры физической электроники
и технологии факультета электроники
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

УСТИНОВ Алексей Борисович

«10» декабря 2025 г.

Подпись Устинова А.Б. удостоверяю:
Ученый секретарь совета СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Т.Л. Русяева

Контактные данные:

Устинов Алексей Борисович, доктор физ.-мат. наук, профессор
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

1.3.4 – Радиофизика

адрес: 197022, С.-Петербург, ул. проф. Попова, д. 5 литера Ф

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова
(Ленина)

телефон: 8(812)2349983

E-mail: info@etu.ru