

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Гончарь Людмилы Эдуардовны "Орбитально-зависимое сверхобменное взаимодействие и его роль в формировании магнитных структур ян-теллеровских псевдоперовскитных манганитов", представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.12 – физика магнитных явлений

Уже в течение нескольких десятилетий изучение сильнокоррелированных электронных систем является одним из наиболее актуальных направлений современной физики конденсированного состояния вещества. К этому классу систем относятся такие разнообразные материалы, как магнитные оксиды и халькогениды, купратные сверхпроводники, соединения с тяжелыми фермионами, низкоразмерные металлооксиды. Отличительная особенность подобных материалов состоит в тесной взаимосвязи спиновых, зарядовых и орбитальных степеней свободы, а также богатство их фазовой диаграммы, привлекающих к ним интерес, как с точки зрения фундаментальной физики, так и возможных приложений. При этом пристальное внимание исследователей привлекают сложные оксидные материалы и другие многокомпонентные соединения, содержащие ионы с орбитальным вырождением или квазивырождением электронных уровней (ян-теллеровские ионы), например,  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{3+}$ . В таких веществах указанная взаимосвязь проявляется наиболее ярко и приводит к весьма нетривиальным эффектам уже на локальном уровне. Для описания явлений, обусловленных взаимосвязью орбитальной и спиновых структур, широко используется даже такой термин, как орбитальная физика.

Для нахождения общих закономерностей поведения сильнокоррелированных электронных систем с орбитальными степенями свободы требуется разработка надёжного теоретического аппарата, позволяющего с высокой степенью достоверности рассчитывать физические характеристики конкретных соединений. Поэтому весьма важным и актуальным является предпринятое в диссертации Л.Э. Гончарь многостороннее теоретическое исследование разнообразных манганитов со структурой перовскита, характеризующихся взаимосвязанными орбитальными, спиновыми и зарядовыми характеристиками, проведённое с помощью разработанной ей модели орбитально-зависимого сверхобменного взаимодействия, позволяющей дать адекватное теоретическое описание разнообразных типов магнитного упорядочения в манганитах, включая низкоразмерные, неколлинеарные структуры и структуры с конкурирующими обменными взаимодействиями, а также учесть влияние конкретных орбитальных структур на спектры магнитных возбуждений. Это позволило диссертанту наиболее достоверно по сравнению с другими подходами описать структурные, орбитальные и магнитные характеристики конкретных материалов. Автореферат наглядно демонстрирует, что Л.Э. Гончарь прекрасно владеет современными численными и аналитическими методами теоретической физики и активно их развивает. Результаты диссертации опубликованы в ведущих физических журналах и послужили основой для недавно опубликованной монографии. Работы Л.Э. Гончарь хорошо известны специалистам и активно цитируются.

В диссертации получен целый ряд новых фундаментальных результатов. Впервые разработана детальная модель орбитально-зависимого сверхобменного взаимодействия, позволяющая дать описание магнитных структур и спектров магнитных возбуждений манганитов. С точки зрения единого подхода описаны зарядово-орбитальные и магнитные структуры различных манганитов, которые хорошо согласуются с имеющимися экспериментами.

Построены фазовые диаграммы магнитных структур в зависимости от орбитального состояния; описаны количественные характеристики магнитных структур ряда конкретных манганитов, в том числе зарядово-упорядоченных; предсказаны низкоразмерный магнетизм и конкуренция обменного взаимодействия за счёт ближайших магнитных соседей.

Дана теоретическая интерпретация спектров спиновых волн и антиферромагнитного

резонанса в рассмотренных соединениях, угловые и полевые зависимости резонансных частот от внешнего магнитного поля. Предложены методы использования зависимостей спектра антиферромагнитного резонанса для уточнения магнитной структуры, при наличии конкуренции обменных взаимодействий.

Описаны механизмы влияния давления и немагнитного допирования на магнитную структуру и температуру Нееля в манганите лантана. Показана решающая роль орбитального состояния подрешётки марганца.

Предсказана страйповая магнитная структура для высокодопированных зарядово-упорядоченных манганитов в рамках зарядово-орбитального упорядочения типа вигнеровского кристалла. Рассчитаны многоподрешёточные магнитные структуры.

По автореферату имеется несколько замечаний.

1. При описании используемых методик упоминается, что предложенные гамильтонианы анализируются в приближении молекулярного поля, но не уточняется, какой именно конкретный вариант этого приближения находит применение в диссертации.

2. При иллюстрации полученных орбитальных структур практически на всех рисунках изображены различные виды чередования орбиталей типа  $x^2 - y^2$  и  $2z^2 - x^2 - y^2$ . Но приводимое рассмотрение ясно демонстрирует, что конкретный тип орбиталей не столь тривиален. Надо было бы либо изобразить реальные орбитали, либо указать, что это их просто схематичное изображение.

3. На фазовой диаграмме, изображённой на рис. 4, не даны определения имеющихся там фаз.

Приведённые выше замечания касаются скорее формы изложения, чем сути результатов работы, и не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая представляет собой законченное комплексное теоретическое исследование, посвящённое актуальным проблемам физики магнитных явлений и выполненное на высоком научном уровне.

По объёму и оригинальности полученных результатов, достоверности, научной и практической ценности диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а её автор Л.Э. Гончарь несомненно заслуживает присуждения ей учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.12 – физика магнитных явлений.

Зав. лабораторией теоретической электродинамики конденсированных сред  
ФГБУН Института теоретической и прикладной электродинамики РАН

д. ф.-м. н. Александр Львович Рахманов  
125412 Россия, г. Москва, ул. Ижорская 13, стр. 6, ИТПЭ РАН  
тел: 8 495 3625147, e-mail: alrakhmanov@mail.ru

Ведущий научный сотрудник той же лаборатории

к. ф.-м. н. Климент Ильич Кугель  
125412 Россия, г. Москва, ул. Ижорская 13, стр. 6, ИТПЭ РАН  
тел: 8 495 3625147, e-mail: klimkugel@gmail.com  
01.10.2024

"Подписи А.Л. Рахманова и К.И. Кугеля удостоверяю"

Заместитель директора ИТПЭ РАН по научной работе

д. ф.-м. н. Владимир Николаевич Кисель  
125412 г. Москва, ул. Ижорская 13, стр. 6, ИТПЭ РАН  
тел: +7 (495) 485-96-55, e-mail: vkisel@itae.ru

С отзавом ознакошена

08.10.2024 К.Л.Э. Гончарь

