

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Шварцберга Александра Владимировича
«Спектр возбуждений и фазовые переходы в низкоразмерном сильно
фрустрированном магнетике», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.02 — теоретическая физика.

Диссертационная работа посвящена исследованию термодинамических и спиновых свойств фрустрированных двумерных магнетиков. Объектом исследования являются фрустрированная J1-J2 модель Гейзенберга, а также её обобщение на случай ненулевого обменного взаимодействия, соответствующего третьей координационной сфере.

Низкоразмерные квантовые магнетики стали привлекать широкое внимание исследователей в связи с проблемой высокотемпературных сверхпроводников. Магнитные свойства купратных ВТСП-керамик могут быть качественно описаны в рамках фрустрированной модели Гейзенберга на квадратной решётке с положительными обменными константами. Помимо купратов, имеется целый ряд систем, магнитные свойства которых могут быть описаны в рамках двумерной фрустрированной или обобщённой фрустрированной модели Гейзенберга. Существует множество аналитических и вычислительных методов исследования этих моделей. Однако все эти методы, с одной стороны, являются приближенными, а с другой стороны, позволяют исследовать только отдельные области значений обменных параметров. Активно исследуется область параметров модели, соответствующая максимальной фрустрации, однако до сих пор не существует консенсуса даже о структуре основного состояния модели в этой области. Результаты рассмотрения чисто спиновой модели могут быть затем использованы при исследовании моделей с носителями. Безусловный интерес также представляет исследование термодинамических свойств таких систем при конечных температурах. Таким образом, тема диссертации является актуальной для физики двумерных квантовых магнетиков.

Диссертация содержит пять глав, введение и заключение.

Первая глава диссертации является вводной. В ней приведён обзор литературы по фрустрированным магнетикам, подробно рассмотрены различные теоретические методы изучения фрустрированной модели Гейзенберга.

Во второй главе описывается сферически симметричный самосогласованный подход, используемый в работе в качестве основного инструмента исследования. Приведена система самосогласованных уравнений, из которой могут быть найдены спин-спиновые корреляционные функции, спектр спиновых возбуждений и другие важные микроскопические характеристики спиновой системы.

Третья глава посвящена исследованию J_1 - J_2 фрустрированной модели Гейзенберга в рамках сферически симметричного самосогласованного подхода. Существенно, что исследован полный диапазон значений обменных параметров. Исследованы случаи нулевой и ненулевой температуры. При нулевой температуре выявлено четыре фазы с различными типами спинового дальнего порядка, а также две фазы, в которых дальний порядок отсутствует. Также исследуется изменение свойств системы в зависимости от температуры.

В четвёртой главе рассматривается введение в модель затухания магнонов. Затухание вводится формальной добавкой мнимого — линейного по частоте и не зависящего от величины квазиимпульса — слагаемого в знаменатель спин-спиновой функции Грина. Численно и аналитически показано, что введение затухания приводит к усилению спинового дальнего порядка и уменьшению областей, соответствующих спин-жидкостному состоянию.

Пятая глава посвящена исследованию обобщения фрустрированной модели на случай ненулевого третьего обмена — J_1 - J_2 - J_3 модели Гейзенберга. Для положительных и отрицательных значений константы J_1 построены фазовые диаграммы системы при нулевой температуре. Исследованы спиновые свойства различных областей этих фазовых диаграмм. Помимо фаз с дальним порядком (шахматного, коллинеарного, а также страйп-типов) и спин-жидкостной фазы, которые появляются уже в J_1 - J_2 фрустрированной модели, обнаружены также фазы с дальним порядком различных геликоидальных типов. Также указано на возможность фаз с сосуществующими дальними порядками, детально исследован случай сосуществования шахматной и страйп порядков в случае антиферромагнитного первого обмена.

Среди новых научных результатов, представленных в работе, можно выделить следующие:

1. В рамках единого подхода исследована фрустрированная модель Гейзенберга на квадратной решетке во всей области возможных значений и знаков обменных констант J_1 , J_2 . Проведённое исследование касается как характеристик спинового упорядочивания, так и других микроскопических и термодинамических характеристик, таких как спектр спиновых возбуждений, теплоёмкость, корреляционная длина и других. Исследованы квантовые фазовые переходы между различными состояниями, возникающими модели.

2. Для J_1 - J_2 - J_3 модели детально исследовано основное состояние системы и получена фазовая диаграмма по обменным параметрам.

3. Показано, что в J_1 - J_2 - J_3 модели Гейзенберга возможно состояние с двумя взаимопроникающими спин-спиновыми дальними порядками.

Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением с результатами, полученными другими методами исследования модели.

Основные результаты работы опубликованы в ведущих научных журналах, входящих в перечень ВАК, в том числе одна — в зарубежном.

По диссертационной работе можно высказать следующие замечания:

1. Первые главы диссертации являются очень подробными, в то время как в последних материал излагается более сжато. Например, можно было уделить больше внимания фазовой диаграмме J_1 - J_2 - J_3 модели в случае ферромагнитного первого обмена. Фактически для $J_1 < 0$ остались почти необсужденными упорядоченные области.

2. В параграфе 1.4 больше внимания можно было уделить материалам с ненулевым значением обменного параметра J_3 . Как минимум, можно было показать значения обменных констант и их положение на фазовой диаграмме, как это было сделано для ванадатов.

3. Неплохо было бы более подробно указать физические причины, приводящие к усилению дальнего порядка и уменьшению области спин-жидкостной фазы при наличии затухания спиновых возбуждений.

4. В самосогласованных уравнениях для J_1 - J_2 - J_3 , $S=1/2$ модели Гейзенберга оригинальным способом введены вершинные поправки. На мой взгляд необходима более подробная дискуссия о том, почему такой способ введения является наиболее адекватным.

Указанные замечания содержат рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку работы. Положения, выдвинутые на защиту, представляются обоснованными. Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертация «Спектр возбуждений и фазовые переходы в низкоразмерном сильно фрустрированном магнетике» является завершенной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор Шварцберг Александр Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Официальный оппонент:

д.ф.-м.н., доцент кафедры квантовой электроники

Физического факультета ФГБОУ ВО

Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова

28.01.2015

Дата

Маслова Наталья Сергеевна



(подпись)

Подпись доцента, д.ф.-м.н. Масловой Н.С. удостоверяю,

Декан физического факультета,
доктор физико-математических наук,
профессор



Сысоев Н.Н.

Адрес: 119991, ГСП-1, Москва,
Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Дом 1, строение 2, Физический Факультет
e-mail: spm@spmlab.phys.msu.ru
Раб. Тел.: (495) 939-25-02

Список публикаций официального оппонента Н.С. Масловой за 2010-2014 гг.

по теме диссертации Шварцберга Александра Владимировича «Спектр возбуждений и фазовые переходы в низкоразмерном сильно фрустрированном магнетике», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

1. Mantsevich V., Maslova N., Arseyev P. External field induced switching of tunneling current in the coupled quantum dots // JETP Letters. — 2014. — Vol. 100, no. 4. — P. 265–270.
2. Mantsevich V., Maslova N., Arseyev P. Non-stationary effects in the system of coupled quantum dots influenced by coulomb correlations // JETP. — 2014. — Vol. 118, no. 1. — P. 136–147.
3. Arseyev P., Maslova N. On the density of states for the hubbard model: pseudo-particle keldysh diagram method – an alternative to dmft? // Письма в ЖЭТФ (Pis'ma v ZhETF). — 2014. — Vol. 100, no. 3. — P. 218–225.
4. Mantsevich V., Maslova N., Arseyev P. Tunneling transport through multi-electrons states in coupled quantum dots with coulomb correlations // Solid State Communications. — 2014. — Vol. 199. — P. 33–38.
5. Mantsevich V., Maslova N., Arseyev P. Charge trapping in the system of interacting quantum dots, solid state communications // Solid State Communications. — 2013. — Vol. 168. — P. 36–41.
6. Mantsevich V., Maslova N., Arseyev P. Non-stationary effects in the coupled quantum dots influenced by the electron-phonon interaction // JETP Letters. — 2013. — Vol. 97, no. 6. — P. 352–357.
7. Arseyev P., Maslova N., Mantsevich V. Charge and spin configurations in the coupled quantum dots with coulomb correlations induced by tunneling current // European Physical Journal B. — 2012. — Vol. 85, no. 12. — P. 410.
8. Arseev P., Maslova N., Mantsevich V. Coulomb correlations effects on localized charge relaxation in the coupled quantum dots // European Physical Journal B. — 2012. — Vol. 85, no. 7. — P. 249.
9. Mantsevich V., Maslova N., Arseev P. Localized charge bifurcation in the coupled quantum dots // Solid State Communications. — 2012. — Vol. 152. — P. 1545–1550.
10. Arseev P., Maslova N., Mantsevich V. Non-adiabatic electron charge pumping in coupled semiconductor quantum dots // JETP Letters. — 2012. — Vol. 95, no. 10. — P. 521–527.
11. Arseev P., Maslova N., Mantsevich V. The effect of coulomb correlations on the nonequilibrium charge redistribution tuned by a tunneling current // Journal of Experimental and Theoretical Physics. — 2012. — Vol. 115, no. 1. — P. 141–153.
12. Arseev P., Maslova N., Mantsevich V. Correlation induced switching of local spatial charge distribution in two-level system // JETP Letters. — 2011. — Vol. 94, no. 5. — P. 390–396.
13. Mantsevich V., Maslova N. The influence of tunneling matrix element modification due to on-site coulomb interaction on local tunneling conductivity // Solid State Communications. — 2011. — Vol. 151. — P. 659–662.
14. Mantsevich V., Maslova N. Different behaviour of local tunneling conductivity for deep and shallow impurities due to coulomb interaction // Solid State Communications. — 2010. — Vol. 150. — P. 2072–2075.
15. Mantsevich V., Maslova N. Spatial effects of fano resonance in local tunneling conductivity in vicinity of impurity on semiconductor surface // JETP Letters. — 2010. — Vol. 91, no. 3. — P. 139–142.