

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».

Диссертация Александра Владимировича Шварцберга посвящена теоретическому исследованию квазидвумерных фрустрированных магнетиков. В рамках сферически симметричного самосогласованного подхода рассмотрены фрустрированные J1-J2 и J1-J2-J3 модели Гейзенберга на квадратной решётке. Фрустрированная модель Гейзенберга широко используется при изучении магнитных подсистем высокотемпературных купратных сверхпроводников, которые относятся к хорошо изученной области положительных обменных констант, квазидвумерных ванадатов, которым могут соответствовать различные знаки обмена J1, и других соединений. Особый теоретический интерес этой модели возникает в связи с тем, что она является простейшей спиновой моделью, в которой наблюдается квантовый фазовый переход. Модель широко изучалась в узкой области, соответствующей ВТСП-керамикам, при этом до сих пор нет устоявшегося мнения о спиновой структуре системы при нулевой температуре вблизи точки наибольшей фрустрации. Исходя из этого, можно констатировать, что тема работы является актуальной для физики спиновых систем.

В диссертации имеется пять содержательных глав. Первая из них представляет введение в проблему фрустрированных магнетиков и содержит обзор литературы по материалам, описывающимся исследуемыми моделями, и различным методам их изучения как аналитическим, так и вычислительным. В частности, подробно рассмотрены различные теоретические методы изучения фрустрированной модели Гейзенберга. Диссертант показывает отличное знание альтернативных подходов, подробно останавливается на их сильных и слабых сторонах.

Вторая глава посвящена используемому подходу. Подробно и методически грамотно описывается сферически симметричный самосогласованный подход в среднеполевом случае. Выведена система уравнений самосогласования, затем

решаемая численно. Поясняется возможность описания спинового дальнего порядка при $T=0$ в рамках выбранного подхода (в двумерном случае в силу теоремы Мермина-Вагнера это принципиально важно).

В третьей главе в рамках развитого в предыдущей главе метода подробно изучена J_1 - J_2 модель для произвольных значений обменных констант J_1 и J_2 . При $T=0$ проведено исследование спинового упорядочивания и квантовых фазовых переходов. Обнаружены фазы со спиновым дальним порядком различной структуры, а также две спин-жидкостные фазы. Выяснено, что область с коллинеарным спиновым порядком может быть разделена на два участка, один из которых является промежуточным при переходе из упорядоченной фазы в область спиновой жидкости.

При отходе от нулевой температуры показано, что основные характеристики системы меняются непрерывно, что можно считать одним из обоснований использования сферически симметричного самосогласованного подхода при $T=0$. Исследованы термодинамические характеристики системы при $T>0$. Получены характерные спектры спиновых возбуждений системы.

В следующей (четвертой) главе обсуждается возможность выхода за рамки приближения среднего поля путём введения затухания магнонов. Получен интересный результат, согласно которому введение в модель затухания приводит к увеличению конденсатной функции, то есть к усилению спинового упорядочивания и уменьшению области спиновой жидкости на фазовой диаграмме. Стоит отдельно отметить, что этот результат получен аналитически из математического вида уравнений самосогласования.

В последней (пятой) главе сферически симметричный самосогласованный подход применен к обобщению фruстрированной модели на случай ненулевого третьего обменного параметра J_3 . При нулевой температуре построены фазовые диаграммы системы для различных знаков обменных констант, исследованы переходы между упорядоченными фазами. Фазовые диаграммы содержат различные фазы с дальним порядком, которые не могли наблюдаться в исходной J_1 - J_2 модели — геликоидальные фазы с несоизмеримым дальним порядком. Особый интерес представляет двупорядоченная фаза, возникающая вблизи неелевской и страйл фаз около точки наибольшей фрустрации при отрицательных значениях третьего обменного параметра J_3 .

В работе впервые в рамках единого подхода исследована вся область возможных значений обменных параметров J_1 и J_2 . Проведенное рассмотрение позволяет определить не только характеристики спинового упорядочивания системы, но также характеристики магнитного спектра и термодинамические характеристики системы. Кроме того, в работе сделан выход за рамки фрустрированной модели Гейзенберга на случай наличия третьего обмена J_3 , указан ряд особенностей фазовых диаграмм этих моделей. Отмечу несомненную важность результатов, полученных в работе, для теории низкоразмерных квантовых магнетиков. В частности, результаты важны для лучшего понимания их структурных и спектральных спиновых свойств и могут быть впоследствии использованы в моделях с носителями.

Автор, несомненно, хорошо владеет математическим аппаратом и с высокой эффективностью применяет его. В частности, многие физические результаты получены на основе анализа математических выражений.

Основные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в четырёх статьях в журналах перечня ВАК, в том числе две в Письмах в ЖЭТФ, и одна — в зарубежном журнале, а также доложены на многочисленных конференциях. Произведённое сравнение приведённых результатов с данными, полученными альтернативными методами исследования, указывают на их достоверность. Положения, выдвинутые на защиту, являются обоснованными. Автореферат достаточно точно и полно отражает содержание диссертации.

Однако диссертация не лишена недостатков, среди которых можно отметить следующие.

1. В качестве пожелания может быть рекомендовано обращать больше внимания на качественную интерпретацию полученных математических выражений. Например, вывод о том, что затухание спиновых возбуждений приводит к усилению дальнего порядка, по видимому, может быть интерпретирован на основе достаточно простой качественной феноменологии, учитывающей разрушение регулярности за счет элементарных спиновых возбуждений.

2. Можно указать на опечатки и орфографические ошибки на страницах 25, 47, 52, 65, а также в подписи к шкале абсцисс на рисунке 3.5.

3. Можно отметить некоторую непоследовательность изложения. Так,

например, впервые границы спин-жидкостной фазы в зависимости от параметра затухания приводятся в главе 3, в то время как сам параметр затухания вводится только в главе 4. Это усложняет чтение диссертации.

Указанные замечания носят частный характер и не меняют полностью положительную оценку всей работы.

У меня нет сомнений, что диссертация «Спектр возбуждений и фазовые переходы в низкоразмерном сильно фruстрированном магнетике» является завершенной научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям ВАК, а ее автор Александр Владимирович Шварцберг заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Официальный оппонент:

зав. лабораторией магнитных явлений

в микроэлектронике ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН,

доктор физико-математических наук,

профессор

~~Шавров Владимир Григорьевич~~

125009, Москва, ул. Моховая, 11, корпус 7,

Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН

телефон: (495) 6293506

e-mail: shavrov@cplire.ru

Подпись В.Г.Щаврова удостоверяю –

Ученый секретарь ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН

К.Ф.-М.Н.

И.И.Чусов



**Список основных статей официального оппонента В.Г. Шаврова,
опубликованных в 2010-2014 гг.**

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

1. О.В.Приходько, О.С.Сухорукова, С.В.Тарасенко, В.Г.Шавров. Эластодипольные магноны – новый класс безобменных спин-волновых возбуждений. Письма в ЖЭТФ, 100, вып. 5, 357-361 (2014).
2. И.В.Бычков, Д.А.Кузьмин, В.Г.Шавров, Отражение электромагнитных волн слоистой структурой высокотемпературный сверхпроводник – мультиферроик с циклоидальной антиферромагнитной структурой, Известия РАН. сер. физ., Т. 78, № 8, с. 977-979 (2014).
3. K.I.Kostromitin, V.D.Buchelnikov, V.V.Sokolovskiy, A.P.Kamantsev, V.V.Koledov, V.G.Shavrov, P.Entel. Theoretical study of magnetic properties and multiple twin boundary motion in Heusler Ni-Mn-Ga shape memory alloys using first principles and Monte Carlo method. Materials Science Forum Vols. 738-739, pp 461-467 (2013).
4. Igor V.Bychkov, Dmitry A.Kuzmin, Vladimir GShavrov. Hybridization of electromagnetic, spin and acoustic waves in magnetic having conical spiral ferromagnetic order. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 329, pp 142–145 (2013).
5. И.В.Бычков, Д.А.Кузьмин, В.Г.Шавров. Спектр связанных спиновых, упругих и электромагнитных волн в магнетике в фазе «ферромагнитная спираль». Известия РАН. сер. физ., т. 77, № 3, с. 310-312 (2013).
6. I.V.Bychkov, D.A.Kuzmin, V.G.Shavrov. Spectrum of coupled waves in orthorhombic multiferroics with cycloidal antiferromagnetic structure in external electric and magnetic fields. IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 49, I, № 8 pp. 4695-4698 (2013).
7. В.С.Власов, Л.Н.Котов, Е.С.Липина, М.С.Кирушев, Ф.Ф.Асадуллин, С.М.Полещиков, В.Г.Шавров, В.И.Щеглов. Исследование динамики и изменения магнитной структуры ансамбля ферромагнитных частиц. Изв. РАН, сер. физ., т.77, №10, с.1459-1461 (2013).

8. Д.В.Кулагин, Г.Г.Левченко, А.С.Савченко, А.С.Тарасенко, С.В.Тарасенко, В.Г.Шавров. Спин-волновая электродинамика границы раздела «магнитоэлектрический мультиферроик – немагнитный диэлектрик». ЖЭТФ, 141, №3, 540-563 (2012).
9. В.А.Котов, Д.В.Кулагин, А.С.Савченко, А.С.Тарасенко, С.В.Тарасенко, Л.Т.Цымбал, В.Г.Шавров. Связь четности магнитной структуры легкоосного антиферромагнетика с характером рефракции электромагнитной волны ТМ- и ТЕ-типа. Изв. РАН, сер. физ., 76, №1, 147-150 (2012).
10. Ю.В.Гуляев, С.В.Тарасенко, В.Г.Шавров. Спин-волновая акустика антиферромагнитных структур как магнитоакустических метаматериалов. УФН, 181, № 6, 595-626 (2011).

Официальный оппонент:

зав. лабораторией магнитных явлений
в микроэлектронике ИРЭ
им. В.А.Котельникова РАН,
доктор физико-математических наук,
профессор

Шавров Владимир Григорьевич

125009, Москва, ул. Моховая, 11к7,
Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН
телефон: (495) 6293506
e-mail: shavrov@cplire.ru

Список верен,
Ученый секретарь ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН
к.ф.-м.н.

И.И.Чусов

