

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Матюниной Яны Юрьевны «Динамические и статические свойства негейзенберговских двухподрешеточных магнетиков», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния

Современные технологии коммуникации, хранения и записи информации выдвигают особые требования к элементной базе. Причем, требуемые материалы зачастую должны обладать очень специфическими свойствами. Среди этих необычных свойств можно отметить недавнее открытие новых магнитных фаз, скирмионных решеток и спиральных состояний, в материалах с нарушением инвариантности относительно пространственной инверсии на границе между пленками типа ферромагнитный металл – тяжелый металл (таких как CoV/Pt или CoFe/Ta). Особый интерес вызывает исследование спиновых систем с так называемым «скрытым порядком» (термин впервые использован для URu₂Si₂). В таких системах спонтанное нарушение вращательной симметрии обусловлено не намагниченностью, а средними значениями спиновых мультиполей. Теоретическому исследованию именно таких систем посвящена диссертация Я.Ю. Матюниной. Принципиальной особенностью таких магнетиков является то, что состояния магнитных материалов исследуются с выходом за рамки обычной феноменологической теории, в которой состояния спиновой системы определяется только вектором намагниченности (или, для антиферромагнетиков или ферримагнетиков, векторами намагниченностей подрешеток). Положения стандартной феноменологической теории нарушаются, если в магнетике достаточно сильны так называемые негейзенберговские взаимодействия, например, одноионная анизотропия или обменное взаимодействие, связанное с высшими спиновыми инвариантами типа $(\vec{S}_n \vec{S}_{n'})^{2S}$, где S – величина спина магнитного иона. Такого рода магнетики обладают ярко выраженными квантовыми свойствами, в них квантовые флуктуации являются достаточно большими, что приводит к отклонениям от стандартного магнитного упорядочения, поскольку не сохраняется длина магнитного момента (наблюдается эффект квантового сокращения спина). Примеры систем такого типа известны достаточно давно; они включают не только кристаллические магнетики, но и бозе-конденсаты ультрахолодных газов нейтральных атомов с ненулевыми спинами в оптических ловушках. Для всех таких систем найдены фазы спинового нематика, которые характеризуются нулевой намагниченностью даже при нулевой температуре, но в которых есть спонтанное нарушение симметрии за счет

квадрупольных параметров порядка (средних значений операторов, билинейных по компонентам спина). Все это позволяет утверждать, что теоретическое изучение фундаментальных свойств магнитоупорядоченных систем не только **актуально** для фундаментальной физики твердого тела, но может быть важным для практических применений.

Данная работа посвящена исследованию двух больших классов негејзенберговских магнетиков: анизотропных антиферромагнетиков и изотропных/анизотропных ферромагнетиков. Причем, эти две большие темы логически связаны между собой и описываются в рамках единого математического формализма. Магнитные свойства такого сорта систем изучены недостаточно, или изучены для простейших моделей. Таким образом, **новизна и оригинальность** полученных в работе Я.Ю. Матюниной результатов не вызывает сомнения, а сама работа представляет собой существенное развитие такого **направления** теории магнетизма как **негејзенберговский магнетизм**.

Хотелось бы обсудить наиболее интересные результаты, полученные в диссертации. Автором убедительно показано, что наличие одноионной легкоплоскостной анизотропии существенно изменяют симметрию негејзенберговского антиферромагнетика. Так, при сохранении фазовых состояний, присущих изотропному негејзенберговскому антиферромагнетик, существенно меняются спектральные свойства системы, и как следствие, тип фазовых переходов. Что еще более интересно, в системе возникает прямой фазовый переход «нематик-ортогональный нематик», что принципиально невозможно в изотропной системе.

Очень интересные и важные результаты получены при исследовании негејзенберговского ферромагнетика. В работе исследованы как изотропный ферромагнетик, так и анизотропный. Причем четко установлено влияние анизотропии «легкая плоскость» как на фазовые состояния системы, так и на тип фазового перехода. Также определены условия реализации линии компенсации спинов подрешеток, а также поведение спектров возбуждений в окрестности линии компенсации.

Эти, и целый ряд других результатов подробно изложены в хорошо написанном автореферате диссертации Матюниной Я.Ю. Также, результаты исследований отражены в десяти публикациях и целом ряде докладов на международных и всероссийских конференциях.

Необходимо, однако, сделать одно замечание. Для определения энергии основного состояния и спектра элементарных возбуждений автором диссертации использовалась диаграммная техника для операторов Хаббарда. Фактическое решение уравнения Ларкина, возникающего в рамках данного подхода, сопряжено с использованием

определенных приближений в массовом и силовом операторах, которые принято пояснять соответствующими диаграммами. К сожалению, в автореферате отсутствуют не только подобные диаграммы, но и какие-либо комментарии о характере сделанных приближений.

Также хотелось бы отметить, что работа существенно выиграла, если бы, например, автор рассмотрел влияние внешнего магнитного поля на динамические свойства негейзенберговского ферримагнетика. Но это, скорее, пожелание на будущее.

Сделанное одно замечание и одно пожелание, не ставят под сомнение основные выводы диссертационной работы и не влияют на оценку достоверности, важности и новизны представленных в ней результатов. Учитывая актуальность темы диссертационного исследования, научную новизну и практическую ценность, считаю, что диссертация Матюниной Яны Юрьевны «Динамические и статические свойства негейзенберговских двухподрешеточных магнетиков» выполнена на высоком уровне и является законченной научной работой, которая соответствует требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней", а ее автор, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Заведующий лабораторией
теоретической физики Института физики
им. Л.В. Киренского Сибирского
отделения Российской академии наук
- обособленное подразделение
ФИЦ КНЦ СО РАН,
д.ф.-м.н.

Д.М. Дзедбисашвили

Подпись Д.М. Дзедбисашвили заверяю:
Ученый секретарь Института физики
им. Л.В. Киренского Сибирского
отделения Российской академии наук
- обособленного подразделения
ФИЦ КНЦ СО РАН,
к.ф.-м.н.



А.О. Злотников

Дата: «02» июля 2024 г.