

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Матюниной Яны Юрьевны «Динамические и статические свойства негејзенберговских двухподрешеточных магнетиков», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния.

Магнетизм – сугубо квантовый эффект. Однако, при этом, многие современные задачи теории магнетизма используют методы классического микромагнетизма, опирающиеся, в основном, на феноменологическое уравнение Ландау-Лифшица. При этом постулируется существование локального магнитного момента, имеющего (при постоянной температуре) постоянную длину, а квантовомеханические взаимодействия описываются феноменологическими членами макроскопической магнитной энергии. В этом смысле, исследования представленные в данной диссертационной работе, полностью учитывающие квантовомеханическую основу магнетизма, конечно же являются **актуальными**. Особенно это касается точного учета обменного гамильтониана для магнетиков со спином магнитного иона больше $1/2$. Полученные и описанные в работе «продольные» возбуждения, фактически продольные спиновые моды, могут быть использованы как еще один канал передачи информации, наряду с хорошо известными прецессионными возбуждениями. Следовательно, проведенные автором исследования наряду с фундаментальным интересом имеют и **прикладное значение**.

Все задачи, сформулированные в диссертации, являются исключительно квантовополевыми, с учетом таких факторов, как одноионная анизотропия и учет высших спиновых инвариантов, и в этом смысле являются новыми и решены впервые.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием хорошо апробированного математического аппарата, позволяющего корректно описывать свойства многочастичных, сильно коррелированных систем. Использование же автором приближения среднего поля вполне оправдано, поскольку в работе рассматривается низкотемпературное приближение. Более того, многие результаты, полученные в диссертации проверены предельными переходами к рассмотренным ранее самим автором, или в работах других авторов, известным частным случаям.

Текст и структура диссертация построены стандартным образом, изложены на 104 страницах, содержит 8 рисунков и список литературных источников (включая публикации автора диссертации) из 132 наименований.

Диссертация состоит из ВВЕДЕНИЯ, трех РАЗДЕЛОВ, составляющих суть работы, и ЗАКЛЮЧЕНИЯ.

Во ВВЕДЕНИИ сделан подробный анализ вопросов, которым посвящена диссертация, сформулированы цели и задачи работы.

В первом РАЗДЕЛЕ исследуется модель негейзенберговского антиферромагнетика со спином магнитного иона подрешеток $S=1$ и одноосной анизотропией типа «легкая плоскость», а также учетом биквадратичного обменного взаимодействия в обменном гамильтониане в случае низких температур. Отмечается, что такого рода модель является вполне применимой для описания магнитных свойств редкоземельных магнетиков. Автором установлено, что в отличие от ранее рассмотренных изотропных и легкоосных антиферромагнетиков, в данной задаче наличие легкоплоскостной анизотропии кардинально меняет динамику системы, а также изменяет тип фазовых переходов, реализуемых в магнетике, т.е. если в изотропном и легкоплоскостном магнетиках все переходы являлись вырожденными переходами первого рода, то в рассматриваемом случае – это переходы первого рода, с областью сосуществования фаз. Кроме того, в рассматриваемой модели, в случае большой одноионной анизотропии, реализуется прямой фазовый переход первого рода между нематическими состояниями, и, как следствие, не реализуется так называемая $SU(3)$ точка, что свидетельствует о полной перестройке симметрии системы.

Второй РАЗДЕЛ диссертации посвящен исследованию динамики и статики ферримагнетика с подрешетками $S=1$ и $\mathcal{B}=1/2$. Предполагается, что подрешетки изотропны, а межподрешеточный обмен – анизотропен (изинговский). Эта задача интересна тем, что ферримагнетики могут служить материалом для создания новых устройств микроэлектроники и спинтроники. Автором, на мой взгляд, очень аргументировано доказано, что в системе может реализовываться не только ферримагнитное состояние, но и нематическое, обусловленное учетом большого биквадратичного взаимодействия в подрешетке с $S=1$. Причем, особенностью этого состояния, является не равенство нулю среднего магнитного момента на узле. Проведенный автором симметричный анализ убедительно показал, что несмотря на это, такое состояние является нематическим. Определена точка компенсации спинов подрешеток, определен тип фазового перехода между нематической и ферримагнитной фазами, получены и исследованы спектры возбуждений в обеих фазах, а также в окрестности линии компенсации, что является одним из наиболее интересных результатов. Предложенная в этом Разделе модель вполне может быть использована для описания свойств такого материала, как EuSe .

В третьем РАЗДЕЛЕ диссертации рассмотрена модель двухподрешеточного ферримагнетика, аналогичная исследованной во втором РАЗДЕЛЕ, но усиленная учетом легкоплоскостной анизотропии в подрешетке с $S=1$. Учет одноионной анизотропии в одной из подрешеток несомненно расширяет область применимости такого рода моделей. Проведенные в этом РАЗДЕЛЕ исследования показали, что влияние одноионной анизотропии существенно изменяет свойства системы. Так, если константа одноионной анизотропии мала, т.е. существенно меньше обменных интегралов соответствующей подрешетки, принципиально изменяет тип фазового перехода, по сравнению с ранее рассмотренным изотропным случаем. А если же константа анизотропии сравнима, или даже превосходит обменные интегралы, то

спиновые конфигурации ферромагнетика принципиально изменяются. В этом случае ферромагнитное состояние становится энергетически не выгодным, а выгодным является нематическое, с ненулевым (но не равным единице) средним значением магнитного момента, зависящим от соотношения материальных параметров. Такое поведение вполне понятно, и связано с влиянием как биквадратичного обменного взаимодействия, так и легкоплоскостной анизотропии, наличие которой приводит к квантовой редукции спина. Причем, как убедительно доказано автором, это состояние, по своим симметричным свойствам, является нематическим, а не квадрупольным, как могло бы показаться. Автором также определены условия реализации линии компенсации спинов подрешеток в обоих случаях, а также исследованы спектры возбуждений в окрестности этой линии.

Приведенные в моем кратком обзоре результаты, а также и другие результаты, полученные автором диссертации, и составляющие ее основу, являются новыми, актуальными, и приносят вклад в исследования квантовых магнетиков. Автореферат диссертации написан ясно, хорошим языком, и полно и правильно отражает основные результаты, представленные в диссертации. Хорошее впечатление составляет и список публикаций, на основе которых построена диссертационная работа: 3 работы опубликованы в *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 5 статей – в *Журнале Экспериментальной и Теоретической Физики*, а также в таких журналах как *Физика Твердого Тела* и *Физика Металлов и Металловедение*. Все эти журналы входят в базы данных SCOPUS и Web of Science и список ВАК. Все результаты прошли апробацию на нескольких престижных международных конференциях. Все исследования проведены на высоком уровне, используя современный математический аппарат, что еще раз подчеркивает высокую квалификацию автора диссертации. Личный вклад диссертанта не вызывает никаких сомнений.

Одним из достоинств рассматриваемой работы является единство подхода и методологии к решению различных задач. Этот метод является достаточно мощным, и может быть использован при решении и других задач теории магнетизма.

Однако, как любое серьезное исследование, данная работа обладает рядом недоговоренностей и неточностей, что вызывает вопросы:

1. Во втором и третьем РАЗДЕЛАХ диссертации автор говорит о возможности реализации нематической фазы с не равным нулю средним значением магнитного момента на узле. Но обычно, в нематической фазе $\langle S^z \rangle = 0$. Такое противоречие требует пояснения.
2. Одним из результатов первого РАЗДЕЛА является то, что учет одноионной анизотропии приводит к отсутствию SU(3) точки, в отличие от изотропного случая. Что же такое SU(3) точка, и почему она не реализуется в анизотропной системе.
3. В ферромагнетике с большой одноионной анизотропией единственной устойчивой фазой является нематическая. А не является ли это состояние квадрупольным? Каковы основания считать эту фазу нематической?

