

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию
КЛЕВЦА Филиппа Николаевича «Фазовые состояния и спектры
элементарных возбуждений в двух- и трехмерных гейзенберговских и
негейзенберговских анизотропных магнетиках»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 01.04.11 – магнетизм

Диссертационная работа Ф. Н. Клевца посвящена актуальной научной проблеме изучения квантовых магнитных фазовых переходов в магнетиках с конкурирующими взаимодействиями. Эта проблема изучалась во многих работах и уже получены значительные результаты. В диссертации Ф. Н. Клевца сформулировано ряд новых задач, которые не были решены до настоящего времени. Это задача описания квантовых и ориентационных магнитных фазовых переходов в тонких пленках с наклонной анизотропией, задача описания влияния магнитоупругого взаимодействия на ориентационные фазовые переходы при конкуренции анизотропий и анизотропном биквадратичном обмене, и очень интересные задачи индуцирования магнитным полем квантовых фазовых переходов в легкоплоскостном ферро-антиферромагнетике.

Известно, что описание магнитного состояния магнетика с одноионной анизотропией, константа которой сравнима с константой обмена, требует учета влияния квантовых эффектов, связанных с одноузельными квантовыми флуктуациями. При этом расчет спиновых конфигураций в квантовой задаче можно сделать в приближении среднего поля, а определение устойчивости конфигураций предполагает проведение сложных расчетов спектра спиновых возбуждений. В диссертационной работе Ф. Н. Клевца впервые решены задачи описания влияния квантовых эффектов в магнетиках с одноионной анизотропией и при учете магнитоупругого, а также дипольного взаимодействий, которые, как правило, являются определяющими при получении кривых намагничивания. Также следует отметить, что в изучаемых в диссертационной работе магнитных системах магнитные взаимодействия – обменное взаимодействие, одноионная анизотропия, обменная анизотропия, дипольное взаимодействие, магнитоупругое взаимодействие и внешнее магнитное поле выступают как конкурирующие между собой взаимодействия, что приводит к сильной нелинейности рассматриваемых

задач. В зависимости от преимущества какого-либо из типов взаимодействий можно наблюдать разного типа фазовые переходы и их последовательность.

Диссертационная работа состоит из пяти разделов. В каждом из них получены новые весомые результаты. В первом разделе проанализировано влияние наклонной одноионной анизотропии на магнитные свойства пленки. Особенностью этой системы является то, что обменное поле, среднее «размагничивающее» поле и направление легкого намагничивания направлены по-разному. Рассчитаны спиновые конфигурации и спектры спиновых возбуждений в приближении слабой наклонной анизотропии пленки и в приближении сильной наклонной анизотропии пленки. Получены два типа состояний: наклонное с однородной намагниченностью, направленной под углом к нормали пленки и пространственно неоднородное состояние с ненулевым значением волнового вектора.

Во втором разделе описаны магнитные состояния и ориентационные фазовые переходы, связанные с изменением направления легкого намагничивания, в магнитных пленках типа $Fe_{1-x}Co_x$, сплава $U_2Co_{15}Si_2$ и соединений типа Тефенол-Д. Учитывается конкуренция одноионной анизотропии и анизотропного дипольного взаимодействия. Показано, что наилучшего согласия с экспериментом можно достичь при учете магнитоупругих взаимодействий, которые в принятой модели следует рассматривать как следствие зависимости константы одноионной анизотропии от деформации кристалла. В результате удалось добиться хорошего согласия модельных расчетов и экспериментальных данных концентрационных и температурных зависимостей критических полей ориентационных фазовых переходов в изучаемых веществах.

В третьем разделе изучены спиновые конфигурации основного состояния в магнетике с анизотропным билинейным и биквадратичным обменом с учетом дипольного и магнитоупругого взаимодействий. В этой системе магнитные квантовые эффекты могут быть связаны с магнитоупругостью. Описаны квантовые магнитные фазовые переходы, индуцированные магнитным полем или изменением температуры, и определены их критические точки.

В четвертом разделе изучена возможность образования спиральной магнитной структуры в негейзенберговском с одноионной анизотропией магнетике при учете обменных взаимодействий нескольких координационных сфер. Из

анализа спектра спиновых возбуждений получено, что исходное парамагнитное синглетное состояние (а при учете биквадратичного взаимодействия квадрупольное состояние) отделено от однородного ферромагнитного состояния неоднородным состоянием с ненулевым k .

В пятом разделе изучаются индуцированные квантовые магнитные фазовые переходы в ван-флековском антиферромагнетике, в котором основное состояние не намагниченный синглет, а при введении магнитного поля наблюдаются переходы сначала в неколлинеарную антиферромагнитную фазу, а затем в большем поле в однородное ферромагнитное состояние. При получении спиновой конфигурации использован переход к собственной системе координат для каждой подрешетки, в которой волновые функции спина имеют наипростейший вид, при этом угол поворота координатных осей отвечает углу скоса вектора намагниченности подрешетки. При анализе спиновых конфигураций использован потенциал Ландау, вариационным параметром в котором является параметр волновой функции.

Таким образом, исследования, проведенные в диссертации Ф. Н. Клевца, привнесли новые представления о магнитоупорядоченных состояниях и магнитных квантовых переходах, в частности, определены спиновые конфигурации и критические поля индуцированных магнитным полем фазовых переходов в системах с конкурирующими взаимодействиями. Получены новые результаты влияния магнитоупругих и дипольных взаимодействий на квантовые магнитные фазовые переходы.

В диссертационной работе Ф. Н. Клевца были получены следующие основные результаты:

1. Впервые с использованием квантовой теории получены спиновые конфигурации и описаны спиновые возбуждения в тонкой пленке, в которой оси легкого намагничивания не совпадают с главными осями тензора размагничивания.
2. Впервые с использованием квантовой теории описаны концентрационные и температурные особенности переориентационных фазовых переходов. Результаты теоретического моделирования находятся в хорошем согласии с данными экспериментов для пленок типа $Fe_{1-x}Co_x$, сплава $U_2Co_{15}Si_2$ и соединений типа Тефенол-Д.

3. Впервые в квантовом подходе описано влияние дипольного и магнитоупругого взаимодействия на спиновые конфигурации и спиновые возбуждения в ферромагнетиках с конкурирующими взаимодействиями.
4. Впервые показано, что при намагничивании ван-флековского парамагнетика переходу к однородному ферромагнитному состоянию может предшествовать неоднородное (спиральное) состояние.
5. Впервые описан индуцированный магнитным полем квантовый магнитный фазовый переход в сверхтвердую магнитную фазу в ван-флековском антиферромагнетике.

Результаты диссертационной работы Ф. Н. Клевца носят приоритетный характер. Они подчеркивают новизну и научную ценность диссертационной работы Ф. Н. Клевца.

Выводы диссертации обоснованы и достоверны, что подтверждается высоким уровнем теоретических исследований, корректным использованием математического и физического моделирования, сравнением и согласованием теоретических результатов с данными экспериментов.

Диссертация Ф. Н. Клевца является законченным научным исследованием. Изучаемая в диссертационной работе научная проблема решена. Полученные в диссертационной работе Ф. Н. Клевца результаты опубликованы у высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационная работа Ф. Н. Клевца выполнена на высоком методическом уровне и отдельные ее части могут быть использованы при изложении соответствующих дисциплин в университетах. Также результаты диссертации будут использованы и при последующих научных исследованиях магнетизма твердых тел.

Однако в диссертационной работе Ф. Н. Клевца имеется ряд недостатков, потому нужно сделать некоторые замечания:

1. На странице 12 написано, что к квадрупольным фазам приводит учет обменных взаимодействий высшего порядка, а на стр. 17 написано, что квадрупольная фаза может иметь место в легкоплоскостном ферромагнетике с парным по спину обменом, хотя во втором случае речь идет о синглетном основном состоянии ван-флековского парамагнетика, как об этом написано на стр. 206.

2. В разделе 1 и в разделе 4 при намагничивании легкоплоскостного ван-флековского магнетика (основное состояние - ненамагниченный синглет) внешним

магнитным полем, которое перпендикулярно легкой плоскости, не рассмотрена возможность образования ферромагнитной фазы со средней намагниченностью ориентированной под углом к вектору напряженности магнитного поля.

3. Если коэффициент при слагаемом старшей степени в потенциале Ландау отрицательный, как в (5.15), то необходима проверка модели на ее структурную устойчивость.

4. В (1.6) волновые функции ненормированы и неортогональны.

5. В выражениях (4.17) диссертации и (42) автореферата зачем-то введены индексы l, l'

Эти замечания не уменьшают высокой оценки работы и не снижают её научной ценности. Диссертационная работа Ф. Н. Клевца оформлена соответственно с требованиями ВАК. Текст автореферата полностью отражает основное содержание диссертации. Материалы диссертационной работы Ф. Н. Клевца, её выводы и результаты своевременно и в полной мере опубликованы в научных журналах.

Считаю, что диссертационная работа Ф. Н. Клевца "Фазовые состояния и спектры элементарных возбуждений в двух- и трехмерных гейзенберговских и негейзенберговских анизотропных магнетиках" вполне удовлетворяет требованиям ВАК к докторским диссертациям, а Филипп Николаевич Клевец заслуживает присуждения ему научной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – магнетизм.

Официальный оппонент,
 профессор кафедры общей и теоретической физики
 Национального технического университета Украины
 «Киевский политехнический институт»
 доктор физ.-мат. наук, профессор

В. М. Калита

Подпись В.М. Калиты удостоверяю
 Ученый секретарь Национального технического
 университета «КПИ»
 08.05.2014



А. А. Мельниченко