

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Чубовой Надежды Михайловны на тему **«Магнитная структура кубического моносилицида марганца MnSi и соединений на его основе»**, представленную на соискание учёной степени кандидата физико–математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

1. Актуальность темы

В настоящее время очень широко изучается магнитная структура кубических нецентросимметричных гелимагнетиков. Хотя и проведено много экспериментов и теоретических расчётов, природа магнитных явлений в геликоидальных кубических магнетиках со структурой типа B20 до сих пор до конца не изучена. Например, происхождение А-фазы вызывает большой интерес вот уже на протяжении 20ти лет. Теории, которые пытаются объяснить её происхождение и физические свойства, отражают конкурирующие концепции, что побуждает физиков к проведению дальнейших экспериментов с применением самых современных методов (рассеяние нейтронов и сквид-магнетометрия).

Диссертационная работа Чубовой Н.М. посвящена изучению магнитной структуры кубического нецентросимметричного геликоидального магнетика MnSi чистого и допированного Ge. Опираясь на вышеизложенное, актуальность выбранной темы не вызывает сомнений. Подтверждением актуальности является то, что результаты работы опубликованы в международных журналах с высоким индексом цитирования. Это говорит о их востребованности в физике магнетизма.

2. Новизна. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность.

В диссертации получен и обоснован обширный спектр ценных новых результатов. Впервые сформулирована дилемма в интерпретации описания структуры А -фазы: концепция скирмиона, как квазичастицы, и концепция "скирмионной" решётки, как типа экзотической спиновой структуры. Показано, что спиновые флуктуации в MnSi выше T_C не связаны со структурой скирмионной решётки, а скирмионная решётка (двумерно модулированная гексагональная спиновая структура) имеет ту же природу, как и одномерно модулированная структура конической фазы. Установлено, что температура упорядочения T_C для соединения MnSi с химически индуцированным отрицательным давлением, приводящим к расширению решётки на 0,04%, увеличивается на 35% и составляет 39 К.

Степень обоснованности научных положений, выводов диссертации Н.М. Чубовой соответствует общепринятой в рамках специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния. Их достоверность достаточно высока и не вызывает сомнений, так как в работе использованы лучшие экспериментальные методы исследования магнитных свойств и структуры соединений такие как рассеяние нейтронов и сквид-магнитометрия.

3. Ценность для науки и практики

Весьма ценным является тот факт, что данные по изучению магнитных свойств геликоидальных магнетиков могут быть использованы при разработке новых типов магнитной памяти. Как и любая глубокая работа, диссертация Н.М. Чубовой должна стимулировать дальнейшие исследования.

4. Оценка содержания диссертации

Диссертация объемом 106 страниц состоит из введения, пяти глав, выводов. Она включает список из 93 наименований использованных литературных источников. Каждая из пяти глав содержит принципиально важные результаты научных исследований Н.М. Чубовой.

Первая глава посвящена обзору литературы, детально рассматривается магнитная структура MnSi и родственных ему составов. Раскрывается понятие скирмионной решётки соединений со структурой типа B20. Во второй главе представлены сведения об исследуемых образцах и методах исследования. Основным методом исследования свойств было выбрано малоугловое рассеяние поляризованных нейтронов, так как данный метод является наиболее информативным при исследовании сложных магнитных структур. Третья глава посвящена исследованиям вопроса происхождения А-фазы кубического геликоидального магнетика MnSi методом малоуглового рассеяния нейтронов. Установлено, что исследованная структура моносилицида MnSi должна рассматриваться не как совокупность квазичастиц, но в виде суперпозиции волн, а именно трех спиралей, чьи волновые векторы образуют равносторонний треугольник. Сложность структуры подчеркивается двумерным характером её модуляций, которые отличаются от одномерных модуляций простой спирали или конического состояния. Четвёртая глава демонстрирует соотношения между критическими флуктуациями и структурой А-фазы. В работе показано, что скирмионная решетка (А-фаза) и коническая фаза не коррелируют, но конкурируют друг с другом и сменяют друг друга при понижении температуры: (i) в диапазоне от $T_{\text{DM}} = 31,5 \text{ K}$ до $T^* = 30,0 \text{ K}$ наблюдается коническая фаза на фоне критических флуктуаций, (ii) а в диапазоне от $T^* = 30,0 \text{ K}$ до $T_{\text{C}} = 29,0 \text{ K}$ на фоне критических флуктуаций уже наблюдаются и скирмионная решетка и коническая фаза,

(iii) скирмионная решетка доминирует над конической фазой, в то время как критические флуктуации всё ещё остаются видимыми в диапазоне от $T_C = 29,0$ К до $T_A = 28,2$ К, (iv) коническая фаза ниже $T_A = 28,0$ К укрепляется, хотя присутствие скирмионной решетки видно без критических флуктуаций. Откуда сделан вывод, что спиновые флуктуации не связаны со структурой скирмионной решетки и стабильность двух структур ограничена разными пространственными корреляционными длинами. В главе 5 показано, что соединение MnSi с химически индуцированным отрицательным давлением демонстрирует увеличение температуры упорядочения T_C на 35% за счёт допирования Ge в 1%, что сопоставимо со значениями температуры T_C в тонких пленках MnSi. Отрицательное давление приводит к увеличению среднего спина образца, который непосредственно влияет на критическую температуру и критическое поле H_{C2} , что также хорошо согласуется с наблюдаемым в тонких пленках MnSi на подложке Si. Данные изменения отразились на (H-T) фазовой диаграмме в области А-фазы, она распространяется от 27 К до $T_C=39$ К.

Автореферат и опубликованные Н.М. Чубовой работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

5. Замечания по работе

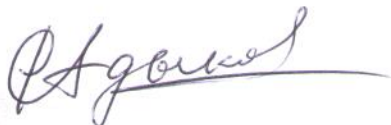
В целом работа написана ясным и четким научным языком, на современном уровне и вполне доказательно. Однако, есть замечания. В тексте диссертации вполне уместно было бы представить рисунок с изображением, что такое скирмион. Это же относится к необходимости рисунка и магнитной конической структуры, хотя и известной давно, что только бы еще больше украсило диссертацию. Перечисленные недостатки, безусловно, не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

6. Общая оценка диссертационной работы

Диссертация Н.М. Чубовой посвящена исследованию магнитной структуры кубического моносилицида марганца MnSi и соединений на его основе. Исследования выполнены на высоком научном уровне. В диссертации получены превосходные экспериментальные данные. Автор внес значительный личный вклад в решение поставленных задач. Результаты диссертации хорошо известны научной общественности, опубликованы в 6 научных статьях, в журналах рекомендованных ВАК РФ и доложены на 13 международных и всероссийских научных конференциях с 2011 по 2016 гг. Обобщая вышесказанное и учитывая новизну, теоретическую и практическую значимость выполненных исследований и их достоверность, считаю, что представленная к защите диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой

степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Чубова Надежда Михайловна безусловно достойна присуждения искомой степени по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

к. ф.-м.н.,



Садыков Равиль Асхатович

Зав. сект. конденсированных сред,
Института ядерных исследований РАН,
г. Москва, г. Троицк.

11 мая 2016 г.

Служебный адрес:

117312, Москва, В-312, проспект 60-летия Октября, 7а.

Для телеграмм: Москва, МЕЗОН

Телефон: 8(499)135-77-60, 8(495)8 51-00-71, 8(495)851-01-79 (канц.)

Факс: 8(499)135-22-68, 8(495)851-07-11,

E-mail: inr@inr.ru

Подпись Садыкова Р.А. заверяю:

зав. общим отделом
ИЯИ РАН



БЫКАДОРОВА Альбина Ивановна