

ОТЗЫВ

Официального оппонента о диссертационной работе

Смольникова Алексея Гешпадьевича «Сверхтонкие взаимодействия и магнитный порядок в мультиферроике CuCrO_2 по данным ядерного магнитного резонанса», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

В монокристаллах фрустрированных антиферромагнетиков с треугольной магнитной структурой CuBO_2 ($B = \text{Fe}, \text{Cr}$) естественным образом присутствуют конкуренция сравнимых по величине обменных взаимодействий магнитных ионов и кристаллографической магнитной анизотропии, приводя к появлению неожиданных основных состояний при низких температурах и богатым фазовым диаграммам. Поэтому исследование таких спиновых структур со строго заданной геометрией, по сути модельных систем, важна с точки зрения фундаментальных вопросов физики конденсированного состояния. В этой связи задачи экспериментального исследования, сформулированные в диссертации, являются несомненно актуальными. Выбранный в диссертации метод: ядерный магнитный резонанс (ЯМР) – является одним из перспективных локальных методов для исследования различных магнитных состояний во фрустрированных системах.

В первой главе диссертации приведен обзор свойств магнетика CuCrO_2 . Особое внимание уделено фазовой диаграмме, взаимосвязи электронной и магнитных подсистем, обзору современных моделей сегнетомагнетизма, а также обосновывается применение методов ЯМР для получения экспериментальных данных об особенностях магнитного порядка и зарядового распределения.

Во второй главе даны характеристики образцов CuBO_2 ($B = \text{Fe}, \text{Cr}$), способы их синтеза и аттестации. Представлены данные о макроскопической магнитной восприимчивости и электрической поляризации. Подробно описаны методы регистрации спектров ЯМР и измерения релаксационных характеристик.

В третьей главе представлены результаты исследования методами ЯМР на ядрах ^{17}O и $^{63,65}\text{Cu}$ парамагнитной фазы CuCrO_2 . Для убедительности полученных выводов автор привлекает данные по ЯМР $^{63,65}\text{Cu}$ в парамагнитной фазе изоструктурного соединения CuFeO_2 . В главе приведены характерные спектры и температурные зависимости сдвигов резонансных линий. На основе анализа экспериментальных данных определены параметры ГЭП в месте расположения ядер-зондов, спиновый, орбитальный и квадрупольный вклады в сдвиги линий ЯМР. Проанализированы вклады в константу сверхтонкого взаимодействия и произведена оценка степеней заселенности орбиталей ионов Cu^+ и O^{2-} . Объем и уровень выполненной работы в этой части диссертации свидетельствует о высокой научной квалификации автора, соответствующей уровню кандидата наук.

В четвертой главе представлены результаты ЯМР на ядрах ^{17}O , $^{63,65}\text{Cu}$, ^{53}Cr магнитоупорядоченной фазы CuCrO_2 . В результате моделирования спектров ЯМР определяются магнитная структура, магнитное состояние атомов хрома и параметры ГЭП на позициях исследуемых ядер. Исследуя изменения параметров ГЭП с температурой делаются выводы об эволюции зарядового распределений на позициях исследуемых ядер. Особенно хочется подчеркнуть, что данные результаты получены на монокристаллах, на которых другими экспериментальными группами проведены исследования методами дифракции нейтронов. Т.е. результаты взаимно дополняют друг друга, что очень важно.

Диссертационная работа представляет собой законченный научный труд, содержащий существенные новые результаты, которые сформулированы в Заключение к диссертации. Автору, несомненно, удалось решить те задачи, которые перед ним стояли, продемонстрировав высокий профессионализм, глубокое понимание объекта

исследования и отличное владение таким технически сложным и наукоемким экспериментальным методом, как ядерный магнитный резонанс.

Вместе с тем, хочется сделать несколько замечаний:

1. В качестве замечания по оформлению диссертации уместно заметить, что отсутствие погрешности измеряемой величины в ряде рисунков (рис. 3.4.3; рис. 4.4.3 и рис. 4.4.5) несколько снижает степень достоверности представленного экспериментального материала.

2. В разделе "Объем и структура диссертации" не указано "Приложение А".

3. Есть ли доказательство того, что наблюдаемый в локальном поле сигнал, действительно, происходит от ядер ^{53}Cr ? Дело в том, что природное содержание данного изотопа мало (9.55%), и он обладает квадрупольным моментом. Шансы наблюдать сигнал от ^{53}Cr в такой сильно коррелированной системе с низким T_N очень невелики.

4. Наблюдаемое изменение ГЭП на ядрах иона O^{2-} при фазовом переходе объясняется изменениями в подрешетке из ионов Cr^{3+} , при этом ГЭП определяется двумя вкладками ионным и валентным. Почему отдано предпочтение именно ионному вкладу?

Приведенные выше замечания не снижают общей высокой оценки работы, их следует рассматривать как пожелания автору в дальнейших исследованиях крайне интересной проблемы основного состояния фрустрированных антиферромагнетиков с треугольной магнитной структурой.

Основные результаты, приведенные в диссертации, своевременно опубликованы в реферируемых научных журналах и доложены на международных и российских конференциях.

Автореферат полно и правильно отражает основные положения диссертации.

Таким образом, можно заключить, что диссертационная работа Смольникова Алексея Геннадьевича «Сверхтонкие взаимодействия и магнитный порядок в мультиферроике CuCrO_2 по данным ядерного магнитного резонанса» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Профессор кафедры физики
низких температур и сверхпроводимости
Физического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук



Гиппиус Андрей Андреевич
« 22 » апреля 2019 г.

Почтовый адрес: 119991 Москва,
Ленинские горы д.1, стр.2.
Тел.: 495-9392085; E-mail: gippius@mail.ru

Декан Физического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова,
профессор



Сысоев Николай Николаевич
« 22 » апреля 2019 г.

С отзывом ознакомлен

26.04.2019



Сведения об официальном оппоненте

ФИО: Гиппиус Андрей Андреевич

Ученая степень, звание: доктор физико-математических наук, специальность 01.04.09 – физика низких температур, профессор

Полное наименование организации: Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Должность: Профессор кафедры физики низких температур и сверхпроводимости Физического факультета

Почтовый адрес: 119991 Москва, Ленинские горы д.1, стр.2.

Тел.: 495-9392085

E-mail: gippius@mail.ru

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация

1. Gippius A.A., Morozova E.N., Moskvin A.S., Zalessky A.V., Bush A.A., Baenitz M, Rosner H, and Drechsler S.-L. NMR and local-density-approximation evidence for spiral magnetic order in the chain cuprate LiCu_2O_2 . *Physical Review B* 70 (2004) 7002.
2. Drechsler S.-L., Richter J., Gippius A.A, Vasiliev A.N., Bush A.A., Moskvin A.S, Malek J., Protz Yu., Shnelle W., Rosner H., Helical and weak ferromagnetism in the edge-shared chain cuprate NaCu_2O_2 , *Europhysics Letters*, 73 (2006) 83.
3. Gippius A.A., Morozova E.N., Okhotnikov K.S., Moskvin A.S., Baenitz M. and Drechsler S., Comparative NMR study of incommensurate helix magnetic order in quasi-1D chain cuprates LiCu_2O_2 and NaCu_2O_2 , *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 316 (2007) 298-301.
4. A.A. Gippius, A.S. Moskvin, S.-L. Drechsler, "Spin polarization of the magnetic spiral in NaCu_2O_2 as seen by nuclear magnetic resonance spectroscopy", *Physical Review B*, v.77 (2008) p. 180403(R).
5. A.A. Gippius, N.E. Gervits, A.V. Tkachev, I.S. Maslova, O.S. Volkova, A.N. Vasiliev, N. Buttgen, W. Kraetschmer, A.S. Moskvin, "Low-spin $S=1/2$ ground state of the Cu trimers in the paper-chain compound $\text{Ba}_3\text{Cu}_3\text{In}_4\text{O}_{12}$ ", *Physical Review B*, v. 86 (2012) p. 155114-155114.
6. Bush A.A., Buttgen N., Gippius A.A., Glazkov V.N., Kraetschmer W., Prozorova L.A., Svistov L.E., Vasiliev A.M. and Zheludev A., "Magnetic structure of the frustrated $S = 1/2$ chain magnet LiCu_2O_2 doped with nonmagnetic Zn", *Physical Review B*, v.88 (2013) 104411(1 -9).

Ученый Секретарь
Физического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова,
профессор



В.А. Караваев
« 23 » апреля 2019 г.