

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д003.055.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ИМ. Л. В. КИРЕНСКОГО СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, (ФАНО) ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22.04.2015 г. № 6

О присуждении Фрейдману Александру Леонидовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальное исследование прямого и обратного магнитоэлектрического эффекта в монокристаллах $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$ » по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния принята к защите 17 февраля 2016 г., протокол №2 диссертационным советом Д 003.055.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики им. Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук (ИФ СО РАН), (ФАНО) 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, строение 38, номер приказа о создании диссертационного совета 714/НК от 02.11.2012 г.

Соискатель Фрейдман Александр Леонидович, 1986 года рождения, в 2009 году соискатель окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (ФГОУ ВПО СФУ).

В 2013 году соискатель освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на базе ИФ СО РАН, где продолжает работать младшим научным сотрудником.

Диссертация выполнена в ИФ СО РАН в лаборатории сильных магнитных полей.

Научный руководитель – к.ф.-м.н, доцент Шайхутдинов Кирилл Александрович, заведующий лабораторией сильных магнитных полей ИФ СО РАН.

Официальные оппоненты: Мирмельштейн Алексей Владиславович – д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник отделения экспериментальной физики Федерального государственного унитарного предприятия «Российский

Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина»;

Гойхман Александр Юрьевич – к.ф.-м. н., доцент, научный руководитель НОЦ «Функциональные наноматериалы», директор Департамента по научной работе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет им. И. Канта».

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Казанский физико-технический институт им. Е.К.Завойского Казанского научного центра Российской академии наук, г. Казань (КФТИ КазНЦ РАН), в своем положительном заключении, подписанном Ереминой Р.М. – д.ф.-м.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского, указала, что соискателем разработана и собрана экспериментальная установка позволяющая проводить измерения магнитоэлектрических ME_H - и обратного ему ME_E -эффектов, а также магнитодиэлектрического эффекта, заключающегося в зависимости диэлектрической проницаемости образца от величины приложенного магнитного поля. Получены новые экспериментальные данные о магнитоэлектрическом поведении монокристаллов $HoAl_3(BO_3)_4$ и $SmFe_3(BO_3)_4$. Предложена качественная микроскопическая модель объясняющая природу магнитоэлектрического и магнитодиэлектрического эффекта в $HoAl_3(BO_3)_4$. Показано, что в обоих соединениях необходимым условием формирования ME_E -эффекта является приложение одновременно и электрического и магнитного поля, в то время как для формирования ME_H -эффекта необходимо приложение лишь магнитного поля.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации - 3 работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации: 1. А.Д. Балаев, А.Л. Фрейдман. Реализация метода измерения ME_E -эффекта Астрова на базе вибрационного магнитометра // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2014,

№1. – С. 20-23. 2. A. L. Freydmann, A. D. Balaev, A. A. Dubrovskiy, E. V. Eremin, V. L. Temerov, and I. A. Gudim. Direct and inverse magnetoelectric effects in $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ single crystal //J. Appl. Phys. – 2014. – Vol. 115. – P. 174103. 3. А.Л. Фрейдман, А.Д. Балаев, А.А. Дубровский, Е.В. Еремин, К.А. Шайхутдинов, В.Л. Темеров, И.А. Гудим. Влияние электрического поля на намагниченность монокристалла $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$ //ФТТ. – 2015. – Т.57 (№7). – С. 1334-1338.

Объем публикаций составляет 1.06 печатных листов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

1. КФТИ КазНЦ РАН - ведущая организация. Замечания: **(а)** В диссертации показаны температурные зависимости намагниченности монокристалла $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ в различных магнитных полях от 1 кОе до 90 кОе (рис. 3.1 стр.64), но не рассмотрена магнитная восприимчивость, не показано как она меняется в различных магнитных полях, нет аппроксимации экспериментальных зависимостей законом Кюри-Вейсса, хотя сделан вывод о том, что во всем температурном диапазоне вещество является парамагнетиком, несмотря на то, что зависимость намагниченности от магнитного поля нелинейная, в магнитном поле выше 20 кОе выходит практически на насыщение при температуре 4.2 К, что говорит о суперпарамагнитном поведении образца. **(б)** На полученных экспериментальных графиках (например, рис.4.1) треугольниками обозначены точки, полученные линейной аппроксимацией. Каким образом автор подбирал гипотетические параметры данной линейной аппроксимации? Параметры линейной зависимости не приведены, экспериментальные ошибки не указаны.

(в) В тексте диссертации не рассматривается возможное влияние магнитной структуры и особенностей упорядочения ионов самария и железа, поля анизотропии на температурно-полевою зависимость магнитоэлектрической восприимчивости (рис. 4.5) для монокристалла $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$, в которой наблюдается максимум в полях примерно 7.5 кОе.

Мирмельштейн А. В. – официальный оппонент Замечания: **(а)** Несомненным достоинством работы А.Л. Фрейдмана является то, что измерения МЭ явлений в исследуемых системах выполнены на монокристаллах. К сожалению, ни в диссер-

тации, ни в оригинальных публикациях автора по теме диссертации, ничего не говорится об аттестации исследуемых монокристаллов. Предполагается, что в экспериментальных работах это совершенно необходимо делать. **(б)** По-моему мнению, в заключение автору следовало бы обсудить полученные им результаты в более широком контексте физики магнитоэлектрических явлений, например, сравнивая МЭ свойства алюмобората гольмия и ферробората самария с известными свойствами других МЭ материалов. На мой взгляд, вклад А.Л. Фрейдмана в изучение физики МЭ явлений от этого только бы повысился

Гойхман А. Ю. – официальный оппонент Замечания: **(а)** В работе приведены подробные результаты исследования магнитных свойств монокристаллов $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$, однако отсутствуют какие-либо данные, указывающие на структурные свойства исследуемых объектов, не приводятся ни авторских результатов ни ссылок на сторонние результаты исследований образцов $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$ фигурирующих в диссертации, что ставит под сомнение сделанные предположения относительно идеальности объектов исследований за исключением эффектов двойникования. **(б)** Предлагаемая автором микроскопическая модель поведения электронной 4f-подоболочки иона Ho^{3+} носит исключительно качественный характер, в тексте диссертации не приводятся никакие параметры построения модели, нет никаких оценок границ применимости модели к реальным кристаллам, на практике обладающим дефектами.

Мартьянов О.Н., д.х.н., зам. директора по научной работе; Якушкин С.С. к.ф.м.н., н.с., Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Замечания: **(а)** Основным выводом по третьей главе является построение качественной модели. Автор рассматривает взаимодействие магнитного момента подоболочки 4f иона гольмия с внешним магнитным полем, в результате которого наблюдается перераспределение электронной плотности иона гольмия, что в свою очередь, приводит к измерению электростатических взаимодействий с соседними ионами кислорода. Сделанный автором вывод опирается на наличие сильного спин-орбитального взаимодействия. Подобная модель, однако, не учитывает влияния соседних ионов кристаллической решетки. В теории кристаллического поля для ионов f-элементов

оказывается необходимым учитывать взаимодействие электрона с соседними ионами кристаллической решетки, так как электростатические силы со стороны соседних ионов по своей величине могут превышать энергию спин-орбитального взаимодействия. Другими словами, для расчета электронного состояния для f-элементов необходимо переходить от модели ионной связи к модели ковалентной связи, в которой электронная плотность будет уже распределена по нескольким узлам кристаллической решетки. Хотелось бы узнать, в конкретном случае для соединения $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ проводил ли автор оценки величины электростатических взаимодействий (кристаллического поля) электронной оболочки иона гольмия с соседними ионами?

Лавров А.Н. – к.ф.-м.н., с.н.с. Института неорганической химии СО РАН.
Замечание: Неточные формулировки положений, выносимых на защиту.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетенцией в области физики конденсированного состояния, а также признанным профессионализмом и высокой квалификацией специалистов, что позволило определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана и создана установка, позволяющая проводить измерения изменения магнитного момента образца при приложении внешнего электрического поля (ME_E -эффект) и изменения поляризации образца при приложении внешнего магнитного поля (ME_H -эффекта), а также измерения диэлектрической проницаемости и магнитодиэлектрического эффекта;
- экспериментально показано, что ME_E -эффект в ферроборате самария и алюмоборате гольмия возможен лишь при одновременном приложении внешнего электрического и магнитного полей, что резко отделяет его от ME_H -эффекта, для возникновения которого в этих соединениях достаточно приложения лишь магнитного поля;
- экспериментально показано, что магнитоэлектрический ME_E -эффект в соединении $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$ определяется двумя компонентами, одна из которых

пропорциональна первой степени внешнего электрического поля, а вторая пропорциональна его квадрату;

- экспериментально показано, что магнитоэлектрический ME_E -эффект в соединении $SmFe_3(BO_3)_4$ проявляется лишь в магнитоупорядоченной фазе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в нем:

- предложена гипотеза о механизме магнитоэлектрического и магнитодиэлектрического эффектов в соединении $HoAl_3(BO_3)_4$, которая опирается на взаимодействие электронной 4f-подоболочки иона Ho^{3+} с ближайшим кислородным окружением и предполагает сильную спин-орбитальную связь, приводящую к изменению распределения электронной плотности 4f-подоболочки редкоземельного иона по мере намагничивания. Это приводит к возникновению дополнительных электростатических сил, ответственных за магнито-стрикцию, ME_H - и ME_E -эффекты, и магнитодиэлектрический эффект;
- обнаружено возникновение магнитоэлектрического отклика ME_E -эффекта на удвоенной частоте относительно частоты внешнего электрического поля в соединении $SmFe_3(BO_3)_4$.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработана и введена в эксплуатацию экспериментальная установка, позволяющая проводить измерения прямого и обратного магнитоэлектрических эффектов, а также диэлектрической проницаемости при температурах от 4.2 до 350 К в постоянном внешнем магнитном поле до 80 кЭ с возможностью приложения внешнего электрического поля.

Достоверность результатов исследования определяется тем, что в состав созданной установки входят измерительные приборы высокой точности; показана воспроизводимость результатов измерений; использованы классические схемы измерения прямого и обратного магнитоэлектрических эффектов, а также магнитодиэлектрического эффекта; установлены корреляции результатов измерений с данными, опубликованными в открытой печати.

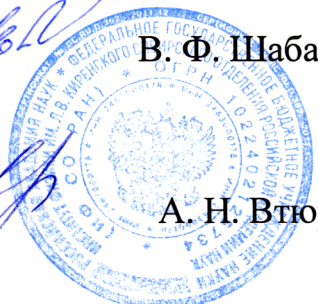
Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в разработке, сборке и калибровке экспериментальной установки; корректировке задач проведения экспериментов; проведении измерений, обработке и интерпретации экспериментальных данных; апробации результатов на международных конференциях и подготовке публикаций.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, и принято решение присудить Фрейдману Александру Леонидовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них: 10 докторов наук по специальности 01.04.07– физика конденсированного состояния, 9 докторов наук по специальности 01.04.11– физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета проголосовали: за -19, против - 0, недействительных бюллетеней -0

Председатель
диссертационного совета
д.ф.-м.н., академик РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.ф.-м.н., с.н.с.



В. Ф. Шабанов

А. Н. Втюрин

25.04.2016 г.