

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
академик РАН

_____ Н.В. Мушников

« _____ » _____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **«Структура и движение доменных границ»**
специальность **01.04.11 «Физика магнитных явлений»**

Всего учебных часов / зач. ед. – 72 / 2

Всего аудиторных занятий, час. – 18

Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час. – 54

Екатеринбург 2019

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 Физика и астрономия (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»; программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.11 «Физика магнитных явлений», утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 № 274; паспорта специальности научных работников 01.04.11 «Физика магнитных явлений»; учебного плана аспирантуры ИФМ.

Составитель рабочей программы
профессор, д.ф.-м.н. Б.Н. Филиппов

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИФМ.
Протокол № 9 от 29.05.2019 г.

Председатель ученого совета ИФМ, академик РАН

«___»_____2019 г. _____ В.В. Устинов

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.

«___»_____2019 г. _____ М.А. Коротин

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Структура и движение доменных границ» изучаются вопросы, связанные с линейными и нелинейными динамическими свойствами доменных границ в ферромагнетиках, влиянием этих свойств на характеристики и практические приложения магнитных материалов. Круг рассматриваемых тем способствует ознакомлению аспиранта как с историей развития представлений о структуре и свойствах доменных границ, так и с современными методами и задачами исследования данных объектов, заставляет аспиранта знакомиться с последними публикациями в научной периодике.

Рабочая программа составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 Физика и астрономия (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.11 «Физика магнитных явлений»;
- паспорта специальности научных работников специальности 01.04.11 «Физика магнитных явлений»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 01.04.11 «Физика магнитных явлений».

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Распределение часов учебных занятий по семестрам

Вид занятий	Количество часов в семестр (первый)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
Лекции	18	18	0,5
Самостоятельная работа	54	54	1,5
ИТОГО	72	72	2

2.2. Содержание дисциплины

2.2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Темы лекционных занятий	Содержание	Объем в часах
Доменная структура. Энергия и структура статических доменных границ	Причины образования доменной структуры ферромагнетиков. Методы наблюдения доменной структуры и доменных границ. Основы микромагнитного подхода. Основные взаимодействия, участвующие в формировании микромагнитных структур. Доменная граница (Блоха, Нееля).	2

	Вихреподобная доменная граница.	
Линейная динамика доменных стенок	Уравнение Ландау и Лифшица. Эффективная масса доменной границы. Механизм движения доменной границы. Движение доменной стенки под действием слабых магнитных полей. Подвижность доменной границы.	4
Нелинейная динамика доменных стенок	Уокеровская предельная скорость движения доменной границы. Периодические процессы и надкритическое поведение 180-градусной доменной стенки в массивном ферромагнетике.	4
Основные экспериментальные данные по движению доменных границ	Экспериментальные методы исследования динамических параметров доменных границ. Экспериментальные зависимости скорости движения доменной границы от величины внешнего магнитного поля. Зависимости подвижности доменной границы от толщины ферромагнитной пленки с плоскостной магнитной анизотропией. Движение доменных границ как часть процесса технического намагничивания. Взаимодействие доменных границ с дефектами. Эффект Баркгаузена. Коэрцитивная сила.	4
Динамика доменных границ в ферромагнитных наноструктурах	Структура «заряженных» доменных границ в наноразмерных пленках-полосках и нанопроволоках. Экспериментальные и теоретические данные по линейной и нелинейной динамике доменных границ в ферромагнитных наноструктурах. Обобщение уравнения Ландау-Лифшица на случай наличия спин-поляризованного тока. Движение доменных границ под действием спин-поляризованного тока.	4
	ИТОГО	18

2.2.2. Практические занятия, их наименование, содержание, объем в часах.
Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

2.2.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость	
		Час.	Зач.ед.
Раздел 1. Доменная структура. Энергия и структура статических доменных границ. Тема 1.1. Доменные стенки в магнитоодноосных пленках с осью легкого намагничивания, параллельной поверхности.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.	18	

Вихреподобные доменные границы. Тема 1.2. Доменные стенки в магнитных пленках с осью легкого намагничивания, перпендикулярной поверхности. Тема 1.3 Полосовая и лабиринтная доменные структуры. Цилиндрические магнитные домены.			
Раздел 2. Экспериментальные и теоретические методы исследования структуры и динамики доменных границ. Тема 2.1. Методы экспериментального наблюдения статических и динамических параметров доменной структуры и доменных границ. Тема 2.2. Численные методы исследования структуры и динамики доменных границ.	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	16	
Раздел 3. Линейная и нелинейная динамика доменных стенок в тонких ферромагнитных пленках и наноструктурах. Нелинейная динамическая перестройка микромагнитной структуры доменной границы.	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.	20	
ИТОГО		54	1,5

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. В.В. Волков, В.А. Боков «Динамика доменной стенки в ферромагнетиках», ФТТ, 2008, т. 50, № 2.
2. Б.Н. Филиппов «Статические свойства и нелинейная динамика доменных границ с вихревой внутренней структурой в магнитных пленках», Физика низких температур, 2002, том 28, № 10.
3. Б.Н. Филиппов, А.П. Танкеев «Динамические эффекты в ферромагнетиках с доменной структурой», 1987, Москва, Наука.
4. В.А. Боков «Физика магнетиков», 2002, Санкт Петербург, Невский диалект.
7. А. Малоземов, Дж. Слонзуски «Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами», 1982, Москва, Мир.

Дополнительная литература

1. Т. О'Делл "Ферромагнитодинамика", 1987, Москва, Мир.
2. М.А. Шамсутдинов, В.Н. Назаров, А.Т. Харисов «Введение в теорию доменных стенок и солитонов в ферромагнетиках. Учебное пособие», 2010, Уфа, БашГУ.
3. Ч. Киттель «Физическая теория ферромагнитных областей самопроизвольной намагниченности», «Физика ферромагнитных областей. Под ред. Вонсовского», 1951, Москва, Изд-во ин. лит.
4. Б.Н. Филиппов, В.А. Зайкова, С.В. Жаков, Ю.Н. Драгошанский «Динамика доменной границы и электромагнитные потери», Изв. АН СССР. Сер. физ., 1978, том 42. № 8.
5. Б.Н. Филиппов. «Основы физики электромагнитных потерь в магнитомягких материалах», 1990, Свердловск, УрГУ.
6. А. Хуберт. «Теория доменных стенок в упорядоченных средах», 1977, Москва, Мир.
7. Р. Суху «Магнитные тонкие пленки», 1967, Москва, Мир.

2.3.2. Примерный перечень тем рефератов и докладов

1. Линии и точки Блоха. Доменные границы с поперечными связями.
2. Метод баланса сил для исследования динамики доменных границ со сложным характером распределения намагниченности.
3. Движение доменных границ, содержащих блоховские линии.
4. Релаксационный и вихретоковый вклады в подвижность доменной границы в проводящих ферромагнетиках.
5. Основы теории электромагнитных потерь, учитывающей движение доменных границ.
6. Доменная граница как топологический солитон в ферромагнитном кристалле.
7. Релаксация и резонанс доменных границ.
8. Запись информации на доменах и доменных границах.
9. Современные численные методы исследования структуры и динамики доменных границ.
10. Линейная и нелинейная динамика доменных стенок в тонких ферромагнитных пленках и наноструктурах.
11. Влияние поверхностной анизотропии на статические и динамические свойства доменных границ.