

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 **«Магнитные материалы и
процессы перемангничивания»**
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.

Составители рабочей программы:
член-корреспондент РАН Н.В. Мушников
профессор. д.ф.-м.н. Ю.А. Бабанов

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 «Магнитные материалы и процессы перемангничивания» изучаются вопросы, рассматривающие те задачи, которые стоят перед научными работниками в настоящее время. Круг рассматриваемых тем выходит далеко за рамки конкретной тематики аспиранта, заставляет его шире взглянуть на интересы всего мирового научного сообщества, 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 (третий)	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 (18 час.).

1. Экспериментальные методы в магнетизме

Методы получения магнитных полей. Измерение напряженности магнитного поля. Баллистический и магнитометрический методы измерения намагниченности. Методы определения точек Кюри и Нееля.

Методы определения констант магнитокристаллической анизотропии. Измерение магнитострикции. Методы определения магнитных потерь.

Применение нейтронографии в магнетизме. Резонансные методы: ферромагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, спиновое эхо, эффект Мессбауэра.

Экспериментальные методы исследования доменных структур: порошковые фигуры, эффекты Керра и Фарадея, электронная микроскопия.

2. Основы магнитостатики и доменная структура ферромагнетиков

Магнитные вещества и намагниченность. Размагничивающее поле и размагничивающий фактор. Элементы расчета магнитных цепей.

Основные типы взаимодействий в ферромагнетиках.

Физические причины образования доменной структуры. Распределение спонтанной намагниченности в образце. Основные типы доменных структур и доменных стенок в одноосных и многоосных кристаллах и тонких пленках. Граничная энергия и ширина доменных границ. Замыкающие домены и разветвленные поверхностные доменные структуры.

Магнитная структура малых ферромагнитных частиц. Однодоменность. Особенности доменной структуры тонких магнитных пленок. Цилиндрические магнитные домены и основы их использования.

3. Процессы намагничивания и перемагничивания

Однородное и неоднородное вращение векторов спонтанной намагниченности в доменах. Процессы смещения междоменных границ. Кривая намагничивания. Парапроцесс.

Размагничивание и перемагничивание. Зародышеобразование и рост зародышей перемагничивания. Гистерезис и его причины. Магнитные свойства мелких частиц.

Основные характеристики магнитных материалов: начальная восприимчивость, максимальная восприимчивость, проницаемость, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, магнитострикция.

Поведение ферромагнетика в переменном электромагнитном поле. Основные механизмы электромагнитных потерь.

4. Структура вещества и магнитные свойства

Магнитные свойства 3d-металлов и их сплавов. Магнитные свойства редкоземельных металлов. Магнетизм соединений 3d-металлов с редкоземельными элементами. Природа магнитокристаллической анизотропии в 3d-металлах и редкоземельных металлах.

Магнитные свойства ферритов со структурами шпинели и граната. Ортоферриты. Гексагональные ферриты.

Магнитные свойства аморфных веществ: сплавов на основе 3d-металлов и сплавов переходных металлов с редкоземельными элементами.

5. Магнитные материалы

Основные требования к магнитным материалам и их классификация.

Магнитомягкие материалы: железо-кремнистые сплавы, высокопроницаемые сплавы, сплавы с прямоугольной петлей гистерезиса, сплавы с высокой индукцией насыщения, аморфные сплавы типа металл-металлоид. Роль кристаллической и магнитной текстуры в мягких магнитных материалах. Наведенная магнитная анизотропия. Механизмы термомагнитной термомеханической обработок. Магнитострикционные сплавы.

Магнитножесткие материалы. Физика высококоэрцитивного состояния. Литые сплавы на основе системы железо-никель-алюминий-кобальт. Деформируемые сплавы. Роль кристаллической и магнитной текстуры в жестких магнитных материалах. Механизмы термомеханической и термомагнитной обработок.

Магнитножесткие ферриты. Высококоэрцитивные материалы на основе соединений редкоземельных металлов с 3d-металлами.

Магнитные порошки для звука и видеозаписи.

Тонкие магнитные пленки, их магнитные свойства и применение для записи, хранения и считывания информации.

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. Экспериментальные методы в магнетизме	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	12	
Раздел 2. Основы магнитостатики и доменная структура ферромагнетиков	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	10	
Раздел 3. Процессы намагничивания и перемангничивания	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	10	
Раздел 4. Структура вещества и магнитные свойства	Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка литературного обзора работ по тематике диссертации с учетом содержания дисциплины	10	
Раздел 5. Магнитные материалы	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	12	
ИТОГО		54	1,5

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. С.В. Вонсовский, Я.С. Шур Ферромагнетизм, 1948.
2. В.И. Чечерников Магнитные измерения. Изд-во МГУ, 1969.
3. А.А. Преображенский Магнитные материалы и элементы, 1976.
4. Д.Д. Мишин Магнитные материалы, 1981.
5. К. Хандрих, С. Кобе Аморфные ферро-и ферримагнетики. М., Мир, 1982.
6. Р. Бозорт Ферромагнетизм, 1956.
7. В.В. Дружинин Магнитные свойства электротехнических сталей. 1974.
8. Тейлор К. Интерметаллические соединения редкоземельных металлов. «Мир», 1974.
9. Р. Суху Магнитные тонкие пленки, М., Мир, 1967.
10. Ф.Ф. Лисовский Физика цилиндрических магнитных доменов, 1979.
11. Магнитные свойства металлов и сплавов. Сб.ред. Вонсовский С.В. 1961.
12. Б.Н. Филиппов, А.П. Танкеев Динамические эффекты в ферромагнетиках с доменной структурой, М., Наука, 1987.
13. В.Г. Барьяхтар, Ю.И. Горобеу Цилиндрические магнитные домены и их решетки. Киев, Наукова Думка, 1988.
14. Ч. Киттель «Введение в физику твердого тела», М.: «Наука», 1978 г.
15. Ч.С. Баррет, Т.Б. Массальский «Структура металлов», ч.1 и ч.2, М.: «Металлургия», 1984 г.
16. М.И. Шаскольская «Кристаллография», М.: 1976 г.
17. С.В. Вонсовский «Магнетизм», М.: «Наука», 1971 г.
18. С. Тикадзumi «Физика ферромагнетизма», М.: «Мир», 1983 г.
19. К.М. Херд «Многообразие видов магнитного упорядочения в твердых телах» УФН, 142, № 2, 331-335, 1984 г.

Дополнительная литература

1. Г.С. Кринчик «Физика магнитных явлений», Изд-во МГУ, 1985 г.
2. К.М. Херд «Многообразие видов магнитного упорядочения в твердых телах», УФН, 142, № 2, 1984 г.
3. К.П. Белов «Магнитные превращения», М.: «Физматиздат», 1959 г.
4. К.П. Белов, А.К. Звездин, А.М. Кадомцева, Р.З. Левитин «Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках», 1979 г.
5. 6 Р. Кокс, А. Голд. «Симметрия в твердом теле», М.: «Наука», 1970 г.
6. Дж. Эллиот, П. Добер. «Симметрия в физике». Т.1.-2., М.: «Мир», 1983
7. Г.Стенли. «Фазовые переходы и критические явления», М.: «Мир», 1973.