

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам.директора по
научной работе _____ М.А. Коротин
_____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине «Магнитные явления»
по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Всего учебных часов/ з.е.	– 72/2.0
Всего аудиторных занятий, час.	– 36
Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час.	– 36

Екатеринбург 2019

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Магнитные явления» 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 знакомится 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 01.04.02 «Теоретическая физика», утвержденной _____;
- паспорта специальности научных работников специальности 01.04.02 «Теоретическая физика»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 01.04.02 Теоретическая физика».

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Распределение часов учебных занятий по семестрам

Вид занятий	Количество часов в семестр (третий)	Трудовоемкость	
		Час.	Зач. ед.
Лекции	36	36	1
Самостоятельная работа	36	36	1
ИТОГО	72	72	2

2.2 Содержание дисциплины

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

Разделы и темы рабочей программы лекции	Наименование тем раздела	Трудовоемкость	
		Час.	Зач.ед.
Раздел 1. Общие понятия	1.1. Природа элементарных магнитных моментов. 1.2. Упорядоченные магнитные структуры, магнитная подрешетка. 1.3. Обменная симметрия. 1.4. Неупорядоченные магнитные структуры: спиновое стекло, неупорядоченный ферро- и антиферромагнетик. 1.5. Симметричный анализ магнитных структур. 1.6. Магнитная нейтронография.	4	
Раздел 2. Магнитные взаимодействия	2.1. Обменное взаимодействие. Спиновая природа спонтанной намагнитченности	4	

	(замораживание орбитального момента). 2.2. Косвенное обменное взаимодействие. 2.3. Спин-орбитальное взаимодействие. Кристаллографическая анизотропия. 2.4. Магнитное дипольное взаимодействие. Размагничивающие факторы. 2.5. Сверхтонкое взаимодействие. 2.6. Антисимметричный обмен Дзялошинского - Мории. 2.7. Электронно-ядерные взаимодействия. Явление ядерного магнитного резонанса.		
Раздел 3. Ионы переходных металлов в кристаллах	3.1. Уравнение Дирака для электрона. 3.2. Ион 3d-металла в кристаллическом поле. 3.3. Ион 4f-металла в кристаллическом поле. 3.4. Спиновый гамильтониан. 3.5. Локализованные магнитные состояния в металлах.	4	
Раздел 4. Слабомагнитные вещества	4.1. Диамагнетизм атомов и молекул. 4.2. Спектр электронов проводимости в квантующем магнитном поле. Диамагнетизм Ландау. Диамагнитные домены. 4.3. Эффект де Гааза - Ван Альфена. 4.4. Парамагнетизм Паули. Вклад орбитального углового момента. 4.5. Парамагнетизм ионов переходных металлов. Восприимчивости Ланжевена и Ван Флека. 4.6. Парамагнетизм редкоземельных ионов. 4.7. Спиновые волны в неферромагнитных металлах.	4	
Раздел 5. Магнитоупорядоченные вещества	5.1. Основные свойства ферромагнетиков. 5.2. Модель Гейзенберга для локализованных моментов. Ферромагнетизм в теории	4	

	молекулярного поля. 5.3. Основные свойства антиферромагнетиков. Подрешеточная модель. 5.4. Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике. 5.5. Ферромагнетизм в модели коллективизированных электронов. Теория Стонера. 5.6. Теория спиновых флуктуаций. 5.7. Магнетизм сильно коррелированных d-систем. 5.8. Магнетизм редкоземельных элементов. 5.9. Ферримагнетизм. 5.10. Слабый ферромагнетизм. 5.11. Спиральные структуры.		
Раздел 6. Магнетизм разбавленных сплавов	6.1. s-d модель. 6.2. Локализованные магнитные состояния в металлах. Модель Андерсона. 6.3. Эффект Кондо. Эффект Кондо на одном центре. Магнетизм кондо- решеток.	4	
Раздел 7. Магнитные свойства магнитоупорядоченных систем	7.1. Формулы преобразования для спиновых операторов. Спин –волновая теория ферромагнетиков. 7.2. Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике. 7.3. Макроскопическая теория спиновых волн. Уравнение Ландау – Лифшица. Формализм Андреева - Марченко. 7.4. Ферромагнитный резонанс. 7.5. Резонанс спиновых волн. 7.6. Гистерезис ферромагнетиков. 7.7. Доменная структура ферромагнетиков. 7.8. Температурная зависимость самопроизвольной намагнитченности и магнитной части теплоемкости. 7.9. Магнитострикция ферромагнетиков. 7.10. Магнитоупругие волны, магнитоакустический резонанс. 7.11. Магнитооптические	4	

	эффекты. 7.12 Фотомагнитные эффекты.		
Раздел 8. Магнитные фазовые переходы.	8.1. Переходы первого и второго рода. 8.2. Спонтанное нарушение симметрии при фазовом переходе второго рода. 8.3. Критическая температура. Критическое рассеяние нейтронов при магнитном фазовом переходе. 4.4. Ренорм – группа и ϵ -разложение в теории фазовых переходов второго рода. 8.5. Ориентационные фазовые переходы в магнитных системах	4	
Раздел 9. Квантовые модели в теории магнетизма.	9.1. Модель Изинга. 10.2. Модель Гейзенберга. Теорема Вика для спиновых операторов. Продольные и поперечные функции Грина для спиновых операторов. Вершинная часть. 10.3. Модель Хаббарда. Предел слабой связи. Приближение случайных фаз. Магнитная восприимчивость. Критерий ферро- и антиферромагнетизма. Предел сильной связи. Операторы Хаббарда. Теорема Вика. Типы вершин. Продольные и поперечные функции Грина для спиновых операторов. 10.4 s-d модель в методе континуального интеграла.	4.	

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. Общие понятия	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	4	
	Анализ периодических научных	4	

Раздел 2. Магнитные взаимодействия	журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта		
Раздел 3. Ионы переходных металлов в кристаллах	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	4	
Раздел 4. Слабомагнитные вещества	Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка литературного обзора работ по тематике диссертации с учетом содержания дисциплины	4	
Раздел 5. Магнитоупорядоченные вещества	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	4	
Раздел 6. Магнетизм разбавленных сплавов	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	4	
Раздел 7. Магнитные свойства магнитоупорядоченных систем	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	4	
Раздел 8. Магнитные фазовые переходы.	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада, написание конспекта	4	
Раздел 9. Квантовые модели в теории магнетизма	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины Подготовка литературного обзора работ по тематике диссертации с учетом содержания дисциплины	4	
ИТОГО		36	2

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Л.Д. Ландау. Е.М. Лифшиц. Квантовая механика. М., Наука, 1974, 567 с.
2. Л.Д. Ландау. Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. М., Наука, 1976, 573с.
3. Л.Д. Ландау. Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. М., Наука, 1982, 620с.
4. Л.Д. Ландау. Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. Ч.2. М., Наука, 1978 с.
5. С.В. Вонсовский, Магнетизм. М.:Наука,1971. с.
6. С.В. Тябликов. Методы квантовой теории магнетизма. М.: Наука,1975, 527 с.
7. Е.А.Туров. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов. М.: Изд.АН СССР, 1963, 224с.
8. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел. М., Наука,1967, 491 с.
9. Т. Мория. Спиновые флуктуации в магнетиках с коллективизированными электронами. М.: Мир,1988, 287с.
10. Ю.А. Изюмов, Ю.Н. Скрябин. Базовые модели в квантовой теории магнетизма. Екатеринбург: УрО РАН, 2002, 259 с.
11. А.И. Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В. Пелетминский. Спиновые волны. М.: Наука 1967, 368 с.
12. Р.М. Уайт. Квантовая теория магнетизма. М.: Мир, 1972, 306с.

Дополнительная литература

1. Физика магнитных диэлектриков. Под ред. Г.А. Смоленского, Л.: Изд. Наука, Ленингр.отд., 1974, 454с.
2. А.Г. Гуревич, Г.А. Мелков. Магнитные колебания и волны. М.: Наука 1994, 462с.
3. А.Хуберт. Теория доменных стенок в упорядоченных средах. М.: Наука,1977, 306с.
4. К. Yosida. Theory of Magnetism. Springer Series in Solid- State Sciences 122. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1996, 320p.
5. В.Ю. Ирхин, Ю.П. Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d- и f- металлах и их соединениях. Екатеринбург: УрО РАН, 2004, 471 с.
6. Ю.А. Изюмов, В.Е. Найш, Р.П. Озеров. Нейтронография магнетиков. М.: Атомиздат, 1981, 311с.
7. Е.А. Туров, А.В. Колчанов, В.В. Меньшенин, И.Ф. Мирсаев, В.В. Николаев. Симметрия и физические свойства антиферромагнетиков. М.: Физматлит, 2001 560 с.
8. М.И. Куркин. Е.А. Туров. ЯМР в магнитоупорядоченных веществах и его применения. М.: Наука, 1990, 244с.
9. А.К. Звездин, В.М. Матвеев, А.А. Мухин, А.И. Попов. Редкоземельные ионы в магнитоупорядоченных кристаллах. М.: Наука, 1985, 294с.

2.3.2. Примерный перечень тем рефератов и докладов

1. Обменное взаимодействие.
2. Теория симметрии магнитоупорядоченных кристаллов..
3. Структура и энергия доменных стенок.
4. Магнетики в переменных внешних полях.
5. Статические корреляции в двумерных магнитных системах.
6. Динамическое и кинематическое взаимодействие спиновых волн.
7. Термодинамика ферро- и антиферромагнетиков.
8. Волны спиновой плотности.
9. Эффект Кондо и магнитное упорядочение.
10. Модель Хаббарда в пределе большого кулоновского отталкивания.
11. Упругое рассеяние нейтронов на модулированных структурах.

12. Спиновые стекла.
13. Многообразие видов магнитного упорядочения в твердых телах.
14. Гигантское магнитосопротивление.
15. Различные виды направленного упорядочения и магнитные свойства сплавов.
16. Высококоэрцитивные материалы на основе соединений РЗМ с Со и Fe.
17. Резонансные эффекты в ферромагнетиках.
18. Новые явления в низкочастотной динамике коллектива магнитных доменов.

Составители рабочей программы

д.ф.- м.н. _____ Ляпилин И.И.
д.ф.- м.н. _____ Меньшенин В.В.
д.ф.- м.н. _____ Окулов В.И.

Рабочая программа утверждена на заседании ученого совета ИФМ № ____ от _____. 2019 г.

Председатель ученого совета ИФМ
« ____ » _____ 2019 г.

(подпись)

Устинов В.В.

Согласовано:

(подпись)

(_____)

« ____ » _____ 2019 г.