

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора по научной работе  
и инновациям

Кризский В.Н.

2013 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (ФД.А.08)**

**Физика магнитных явлений**

*наименование дисциплины по учебному плану подготовки аспиранта*

**модуль основной образовательной программы послевузовского профессионального  
образования подготовки аспирантов (ООП ППО)  
по специальности научных работников**

01.04.07  
*шифр*

Физика конденсированного состояния  
*наименование научной специальности*

УМК одобрен на заседании  
кафедры Общей физики  
Протокол № 1 от 21.08 2013 г.

Зав.кафедрой

  
*подпись*

Биккулова Н.Н., д.ф.-м.н., профессор  
*Ф.И.О., ученая степень, звание*

Разработчик программы

  
*подпись*

Гареева М.Я., к.ф.-м.н., доцент  
*Ф.И.О., ученая степень, звание*

Стерлитамак – 2013 г.

## **Оглавление**

1. Общие положения .....	
2. Цели изучения дисциплины .....	
3. Результате освоения дисциплины .....	
4. Структура и содержание дисциплины .....	
4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов	
5. Содержание дисциплины .....	
5.1 Содержание лекционных занятий .....	
5.2 Практические занятия .....	
5.3 Самостоятельная работа аспиранта.....	
6. Перечень контрольных мероприятий и вопросы к экзаменам кандидатского минимума .....	
7. Образовательные технологии .....	
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	
8.1 Основная литература (год издания не должен быть более 5 лет): .....	
8.2 Дополнительная литература .....	
8.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.....	
9. Материально-техническое обеспечение .....	

## **1. Общие положения**

1.1 Настоящий учебно-методический комплекс факультативной дисциплины аспиранта Физика магнитных явлений – модуль основной образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) разработан на основании законодательства Российской Федерации в системе послевузовского профессионального образования, в том числе: Федерального закона РФ от 22.08.1996 № 125-ФЗ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании», Положения о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации, утвержденного приказом Министерства общего и профессионального образования РФ от 27.03.1998 № 814 (в действующей редакции); составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к разработке, на основании Приказа Минобрнауки России №1365 от 16.03.2011г. «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)» и инструктивного письма Минобрнауки России от 22.06.2011 г. № ИБ-733/12.

## **2. Цели изучения дисциплины**

Целью изучения дисциплины физика магнитных явлений является:

– изучение основных представлений о механизмах, определяющих доменную структуру и структуру доменных границах в ферромагнетиках, о процессах намагничивания ферромагнетиков.

Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- физики магнитных явлений в сильномагнитных веществах (ферромагнетиках, ферритах);
- квантовой природы магнетизма, энергетических соотношений в ферромагнетиках, обменного взаимодействия, магнитной анизотропии, доменной структуры ферромагнетиков в переменных магнитных полях;

- динамических явлений в ферромагнетиках;
- основных методов изучения характеристик магнитного поля и методики проведения эксперимента.

## **Результаты освоения дисциплины**

### **Аспирант или соискатель должен:**

#### **- знать:**

- законы электрических и магнитных явлений;
- электрические и магнитные свойства различных классов веществ;

#### **- уметь:**

- решать задачи на электричество и магнетизм;
- понимать физическую суть явлений в ионизованных газах и плазме, в диэлектриках и магнетиках.

#### **- демонстрировать:**

- навыки расчёта электрических цепей постоянного и переменного тока;
- навыки работы с электроизмерительными приборами, умением обрабатывать экспериментальные данные и готовить отчёты.

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

##### Физика магнитных явлений

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы 72 часа.

#### 4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов

Вид учебной работы	Кол-во зачетных единиц*/уч. часов
Аудиторные занятия	1/36
Лекции (минимальный объем теоретических знаний)	1/36
Семинар	–
Практические занятия	–
Другие виды учебной работы	–
Внеаудиторные занятия:	
Самостоятельная работа аспиранта	1/36
<b>ИТОГО</b>	<b>2/72</b>
Вид итогового контроля	Составляющая экзамена кандидатского минимума

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1 Содержание лекционных занятий

№ п/п	Содержание	Кол-во уч. часов
1	Классификация магнетиков. Основные типы магнитных состояний вещества.	2
2	Магнитные свойства металлов, не обладающих магнитным упорядочением. Магнетизм электронного газа. Слабые магнитные поля.	6
3	Магнетизм электронного газа. Сильные магнитные поля. Эффект де Гааза- Ван Альфена.	4
4	Магнитные фазовые переходы и теория эффективного молекулярного поля Кюри-Вейса. Молекулярное поле и теория Гейзенберга магнетизма.	2
5	Обменная теория ферромагнетизма. Определение обменной энергии в рамках теории молекулы водорода. Обобщение на случай кристалла. Критерий ферромагнетизма.	6
6	Распределение зарядовой и спиновой электронной	4

	плотностей в d – и f – металлах.	
7	Обменное взаимодействие в d - и f - металлах. Два основных направления модельного описания: зонная модель и s-d (s-f) обменная модель. Ферромагнетизм в модели коллективизированных электронов. Критерий ферромагнетизма свободного ферми-газа.	4
8	Ферромагнетизм в модели коллективизированных электронов. Общие черты энергетического спектра электронов, необходимые для реализации спонтанно намагниченного состояния. Пути уточнения коллективизированной модели ферромагнетизма металлов. Уточнение зонной структуры в металлах, эффекты гибридизации состояний различных энергетических полос, учет корреляционных эффектов. Уточнение критерия ферромагнетизма.	4
9	Основы s-f обменной модели. Феноменологическая трактовка s-f обменной связи в ферромагнитных металлах. Особенности магнитных и ряда других физических свойств редкоземельных металлов. Типы атомных магнитных структур.	4
Всего:		36

### 5.3. Самостоятельная работа аспиранта

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Кол-во уч. часов
1	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
2	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
3	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
4	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
5	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
6	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
7	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
8	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
9	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
Всего:		36

## **6. Перечень контрольных мероприятий и вопросы к экзаменам кандидатского минимума**

Итоговая аттестация аспиранта включает сдачу кандидатских экзаменов и представление диссертации в Диссертационный совет. Порядок проведения кандидатских экзаменов включает в кандидатский экзамен по научной специальности дополнительные разделы, обусловленные спецификой научной специальности. Билеты кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук должны охватывать разделы Специальной дисциплины отрасли науки и научной специальности (ОД.А.) и Дисциплины научной специальности по выбору аспиранта (ОДН.А.).

***Перечень вопросов к экзаменам кандидатского минимума:***

### ***1. Силы связи в твердых телах***

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO<sub>3</sub>.

Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

### ***2. Симметрия твердых тел***

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

### ***3. Дефекты в твердых телах***

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.

Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

#### **4. Дифракция в кристаллах**

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.

Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

#### **5. Колебания решетки**

Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

#### **6. Тепловые свойства твердых тел**

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

#### **7. Электронные свойства твердых тел**

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.



## **8. Магнитные свойства твердых тел**

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферромагнетики. Магнитная структура ферромагнетиков.

Спиновые волны, магноны.

Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

## **9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел**

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.

Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

## **10. Сверхпроводимость**

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

Эффект Джозефсона.

Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

## **7. Образовательные технологии**

В процессе обучения применяются следующие образовательные технологии:

1. Сопровождение лекций показом визуального материала.
2. Сопровождение лабораторных работ показом фильма с использованием учебно-методического программного комплекса.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебная, учебно-методическая и иные библиотечно – информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантирует возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. Кафедра располагает научно-технической литературой, научными журналами и трудами конференций.

### 8.1. Основная литература:

№ п/п	Наименование учебной литературы	Автор, место издания, издательство год	Количество экземпляров в библиотеке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
1	Курс общей физики. В 3 томах. Том 2. Электричество и магнетизм	Г. А. Зисман, О. М. Тодес, Лань, 2007	1	3
2	Магнитные фундаментальные частицы (магнитоны) в физике магнитных и электромагнитных явлений	Р. А. Сизов, Сизов Р. А., 2007 г	1	3
3	Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем	И. М. Кирко, Г. Е. Кирко, НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2009 г.	1	3
4	Магнитные поля в космосе	Н. Г. Бочкарев, Либроком, 2011 г.	1	3

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование учебной литературы	Автор, место издания, издательство год	Количество экземпляров в библиотеке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
-------	---------------------------------	--	--	---

1	Физика твердого тела: Учебник для вузов.	Павлов П.В., Хохлов А.Ф. М.: Высшая школа, 2000.	1	3
2	Введение в физику твердого тела.	Киттель Ч. М.: Наука, 1978.	1	3
3	Физика твердого тела.	Ашкрофт Н., Мермин Н. Т. I, II. М.: Мир, 1979.	1	3
4.	Физика магнитных явлений.	Кринчик Г.С.– Изд. МГУ, 1985.	1	3
5.	Магнитные материалы.	Мишин Д.Д. М., Высшая школа, 1991.	1	3
6.	Магнетизм	Вонсовский С.В. – М., Наука, 1984.	1	3

### 8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Ресурс электронно-библиотечной системы	Ссылка	Реквизиты договора
1	ЭБС «eLIBRARY.RU» (сторонняя)	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp/">http://elibrary.ru/defaultx.asp/</a>	Организация-владелец: ООО «РУНЭБ». Договор № SU-05-02/2013-3 от 12/03/2013
2	ЭБС «БиблиоТЕХ» (собственная)	<a href="http://bibliotech.sspa.edu.ru/Account/LogOn/">http://bibliotech.sspa.edu.ru/Account/LogOn /</a>	Организация-владелец: ООО «БиблиоТЕХ». Договор № 025 от 12.01.2011
3	ЭБС «Лань» (сторонняя)	<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>	Организация-владелец: Издательство «Лань». Договор № 19/24 от 14.12.2012
4	ЭБС «Университетская библиотека online» (сторонняя)	<a href="http://www.biblioclub.ru/">http://www.biblioclub.ru/</a>	Организация-владелец: ООО «Директ-Медиа» Договор № 375 от 22.08.2012
5	ПБД РГБ (по подписке)	<a href="http://diss.rsl.ru/">http://diss.rsl.ru/</a>	Организация-владелец: ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор № 095/04/0960 от

**Прим.:** Студентам обеспечена возможность свободного доступа (на основе индивидуальных логинов и паролей) к ресурсам всех выше перечисленных электронно-библиотечных систем.

## 9. Материально-техническое обеспечение

Кафедра общей физики располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы.

№ п/п.	Название дисциплины	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов и объектов
1	2	3	4
1.	Физика конденсированного состояния	Лекционная аудитория, мультимедийный проектор, Компьютерный класс, Учебно-исследовательская научная лаборатория «Физика конденсированного состояния», автоматизированный дифрактометр ДРОН-4-07, вакуумная установка для синтеза образцов в бескислородной среде, установка для исследования электропроводности, ионной проводимости, термоЭДС, установка для титрования, микроскоп металлографический, программный комплекс Sage MD, программа для расчета кристаллической структуры GSAS, пакет программ Quantum Espresso	пр-т. Ленина, 37 физико-математический факультет, СФ БашГУ, кабинеты № 312, 315, 216, 116