



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)

**Факультет энергетики и электроники**

*(наименование факультета/института)*

**Общая физика**

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

**УТВЕРЖДАЮ**

**Первый проректор**

**по учебной работе и цифровизации**

\_\_\_\_\_ **В.А. Шкаберин**

**«25» апреля 2023 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**учебной дисциплины**

**Физика магнитных явлений**

*(наименование дисциплины)*

**1.3.12. Физика магнитных явлений**

*(код и наименование научной специальности)*

**Физико-технические науки**

*(наименование отрасли науки)*

**высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации**

*(уровень образования)*

**Очная**

*(форма обучения)*

**2023**

*(год набора)*

**Брянск 2023**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
учебной дисциплины

**Физика магнитных явлений**

*(наименование дисциплины)*

**1.3.12. Физика магнитных явлений**

*(код и наименование научной специальности)*

Разработал:

Заведующий кафедрой «ОФ»,

д.ф.-м.н., доцент

*(должность, ученая степень, ученое звание)*

*(подпись)*

А.А. Демидов

*(И.О. Фамилия)*

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Общая физика

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

«04» апреля 2023 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., доцент

*(ученая степень, ученое звание)*

*(подпись)*

А.А. Демидов

*(И.О. Фамилия)*

© Демидов А.А., 2023

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2023

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Физика магнитных явлений» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

Задачи:

- изучить избранные разделы электродинамики, квантовой механики, физики твердого тела, касающиеся физики магнитных явлений;
- изучить основные вопросы связанные с:
  - магнетизмом редкоземельных элементов,
  - магнитными свойствами интерметаллических соединений,
  - магнитными свойствами мультиферроиков;
- освоить методику расчетов, применяющихся в физике магнитных явлений;
- изучить основные физические эффекты, исследуемые в современной физике магнитных явлений.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Физика магнитных явлений» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и реализуется на 4 курсе в 1 семестре.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По окончании освоения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

**знать:**

- основные понятия, законы и модели физики магнитных явлений;
- основные новейшие методы и достижения физики магнитных явлений;
- возможности и ограничения расчетно-теоретических и экспериментальных методов;
- современные представления о природе магнитных явлений и их связи с другими физическими явлениями, фундаментальные законы электрических и магнитных явлений, магнитные свойства различных классов веществ и фазовые переходы, методы их теоретического описания;
- основные приемы при составлении и оформлении научно-технической документации, отчетов, статей;

**уметь:**

- строить математические модели физических явлений и процессов;
- применять законы физики для решения практических задач;

- критически анализировать современные экспериментальные/ теоретические методы и методические подходы в научных исследованиях в области физики магнитных явлений;
- применять базовые теоретические знания и методы физики магнитных явлений и физики конденсированного состояния в научных исследованиях;
- оценивать современное состояние исследований, анализировать известные результаты в области научных интересов;
- выбирать и применять адекватные расчетно-теоретические методы, представлять математическое описание явлений;

**владеть:**

- методами теоретического исследования физических явлений и процессов в профессиональной деятельности;
- современным состоянием исследований, методами и подходами решения научных задач в области научных интересов;
- научной терминологией, понятийным аппаратом, основами математического описания магнитных явлений;
- теоретическими основами расчетных методов и подходов физики магнитных явлений;
- методами теоретического исследования физических явлений и процессов в профессиональной деятельности.

#### **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 академических часа). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом программы аспирантуры	Трудоемкость, час.	
	Всего	Семестр
		7
<b>1. Контактная работа, в том числе:</b>	36	36
1.1. Лекции	18	18
1.2. Практические занятия,	18	18
<b>2. Самостоятельная работа</b>	72	72
<b>Общая трудоемкость (з.е. 108)</b>	108	108

#### **5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1. Структура дисциплины**

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в таблице 2.

Таблица 2 – Тематический план дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1.	Основные законы и уравнения	Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Магнитный поток. Теорема о циркуляции. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Магнитное поле простейших токовых систем. Размагничивающий фактор. Силовое действие магнитного поля. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряда в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц. Действие магнитного поля на диполь. Магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
2	Виды магнетиков	Классификация магнетиков. Основные типы магнитных состояний вещества. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Обменное взаимодействие и природа магнитного упорядочения. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Размагничивание переменным полем, нагревом. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Теория магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Фазовый переход. Переходы первого и второго рода.
3	Редкоземельный магнетизм	Физико-химические свойства редкоземельных металлов (РЗМ) и их сплавов. Электронная структура. Основное состояние. Магнитные моменты ионов редких земель. Энергетические уровни. Лантаноидное сжатие. Магнитные фазовые переходы в РЗМ и их сплавах.
4	Магнитные свойства интерметаллических соединений	Спин-переориентационные переходы в ферромагнитных редкоземельных металлах, сплавах и соединениях. Ферро - и ферри-магнетизм редкоземельных соединений. Соединения РЗМ с железом и кобальтом. Магнитная фазовая диаграмма в ферримагнитных редкоземельных сплавах. Эффективные обменные поля и их влияние на величину магнитострикции. Зонный магнетизм в интерметаллических соединениях РЗМ. Обменные взаимодействия и магнитные моменты. Метамгнитные переходы в соединениях РЗМ. Магнетизм силицидов и германидов, редких земель на основе композиций: РЗМ - 3d - переходной металл, - кремний (германий), соединения РЗЭ с немагнитными элементами.

5.	Магнитные материалы	Магнитные материалы с f и d элементами. Магнитные материалы с мультиферроэлектрическими свойствами. Магнитотвердые материалы на основе SmCo5, Sm2Co17 и Nd2Fe14B. Высокомагнитострикционные материалы. Материалы для датчиков (давлений, магнитных и тепловых полей, температур и др.). Редкоземельные метамагнетики. Редкоземельные магнитодиэлектрики (ферриты и гранаты).
----	---------------------	--

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий представлена в таблице 3.

Таблица 3 -Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость, час.			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	Основные законы и уравнения	21	3	3	15
2.	Виды магнетиков	21	3	3	15
3.	Редкоземельный магнетизм	22	4	4	14
4.	Магнитные свойства интерметаллических соединений	22	4	4	14
5.	Магнитные материалы	22	4	4	14
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>

## 5.3. Лекции

Перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и содержание лекций

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	1	Основные законы и уравнения	3
2	2	Виды магнетиков	3
3	3	Редкоземельный магнетизм	4
4	4	Магнитные свойства интерметаллических соединений	4
5	5	Магнитные материалы	4
Итого			18

## 5.4. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и содержание практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	1	Основные законы и уравнения	3
2	2	Виды магнетиков	3
3	3	Редкоземельный магнетизм	4
4	4	Магнитные свойства интерметаллических соединений	4
5	5	Магнитные материалы	4
Итого			18

### 5.5. Самостоятельная работа аспиранта

Виды самостоятельной работы аспиранта представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Виды самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1.	1-5	Работа с основной, дополнительной и справочной литературой
2.	1-5	Подготовка к практическим занятиям. Работа с основной, дополнительной и справочной литературой. Повторение лекций.
3.	1-5	Самостоятельное изучение теоретического материала. Работа с основной, дополнительной и справочной литературой. Работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
4.	1-5	Подготовка к кандидатскому экзамену

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

Вид учебной работы	Виды образовательных технологий
Лекции	Мультимедиа-лекция Проблемная лекция Лекция с разбором конкретных ситуаций Лекция-обсуждение
Практические занятия	Групповые дискуссии. Решение практических задач.
Самостоятельная работа	Индивидуальные исследования Технология индивидуализации обучения
Текущий контроль	Технология оценивания качества знаний на основе балльной оценки. Опрос по тематическим блокам дисциплины.

## 7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В электронной информационно-образовательной среде БГТУ размещается электронный курс дисциплины, включающий в себя:

- сведения об авторе курса;
- краткое описание курса;
- рабочую программу дисциплины;
- полный перечень тем дисциплины;
- презентационные материалы для проведения занятий лекционного типа;
- лекции/краткий конспект лекций по каждой теме;
- методические указания по выполнению каждого практического задания;
- материалы для текущего контроля успеваемости аспирантов.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Перечень основной, дополнительной и справочной учебной литературы:**

#### *а) основная литература*

1. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 1. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 356 с. — ISBN 987-5-8114-6796-9 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98245>.

2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 500 с. — ISBN 978-5-8114-3989-8 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98246>.

3. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 468 с. — ISBN 978-5-8114-4253-9 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92652>.

#### *б) дополнительная литература*

1. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М.: Мир, 1965 – 1967. – Вып. 1 – 9. (4 экз.).

2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: МедиаСтар, 2006. - 790 с. (4 экз.).

3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела: в 2 т. М.: Мир, 1975. (2 экз.).

4. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М.: Наука, 1961. 664 с. (52 экз.).

5. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1989. 504 с. (5 экз.).

6. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов: в 5-ти томах / Д.В. Сивухин. – М.: Физматлит, МФТИ, 2006. – 560 с. (1 экз.).

7. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. “Механика”, Т. 1, М., "ФИЗМАТЛИТ", 2001.



8. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. “Квантовая механика.”, Т.3, М., "ФИЗМАТЛИТ", 2001.
9. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. “Электродинамика сплошных сред.”, Т.8, М., "Наука", 1992.
10. Г.С. Ландсберг. Оптика. М., 1976.
11. А.С. Давыдов. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1973.
12. Попков, В.И. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие [Текст] + [Электронный ресурс]/ В.И. Попков. – Брянск: БГТУ, 2015. – 224 с. – 15 экз. – ISBN 978-5-89838-855-3.
13. Попков, В.И. Физический словарь [Текст]+ [Электронный ресурс]/ В.И. Попков. – Брянск: БГТУ, 2013. – 294 с. – 15 экз. – ISBN 978-5-89838-726-6.
14. Сирота, Д.И. Основы теории электромагнетизма: учебное пособие / Д.И. Сирота. - Брянск: БГТУ, 2016. – 72 с. – 15 экз.

*в) справочная литература*

1. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. (5 экз.).
2. Яворский, Б. М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский, А.К. Лебедев. – Москва: Оникс, 2014. – 1056 с. – ISBN 5-488-00330-4.
3. Рыбалка, С.Б. Физика. Таблицы физических величин : справочные материалы для студентов всех форм обучения по укрупненным группам направлений подготовки и специальностей 02.00.00 – Компьютерные и информационные науки; 09.00.00 – Информатика и вычислительная техника; 10.00.00 – Информационная безопасность; 11.00.00 – Электроника, радиотехника и системы связи; 13.00.00 – Электро- и теплоэнергетика; 15.00.00 – Машиностроение; 20.00.00 – Техносферная безопасность и природообустройство; 22.00.00 – Технологии материалов; 27.00.00 – Управление в технических системах; 44.00.00 – Образование и педагогические науки. / С.Б. Рыбалка, И.О. Мачихина, О.А. Шишкина – Брянск : БГТУ, 2021. – 43 с. – URL: <http://mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2/Found.asp>. – Режим доступа: для зарегистрированных читателей НБ БГТУ. – Текст : электронный.

**8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины:**

1. Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).
2. Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).
4. Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).
5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).

6. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).

7. Сайт ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения обучения имеется следующая материально-техническая база:

- аудитория для проведения лекционных занятий и организации защиты рефератов, оборудованная персональными компьютерами, мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном, наличием доступа в информационно-коммуникационную сеть Интернет;
- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций и кандидатского экзамена;
- компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы аспирантов.

## **10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

- учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся в ходе учебных занятий;
- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитывать и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);
- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;
- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел

и других приспособлений).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего образования обучающимися с ОВЗ:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
  - наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;
  - размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);
  - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
  - обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
  - обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;
- 2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
  - дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);
  - обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- 3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **11.1. Методические рекомендации для преподавателей**

Содержание лекции определяется рабочей программой дисциплины. На лекции преподаватель должен решить следующие задачи:

- изложить важнейший материал программы курса, обратив внимание на основные вопросы темы;
- связать излагаемый материал с будущей специальностью аспиранта;
- показать место излагаемого материала в общей физической картине мира;
- развить у аспирантов потребность к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

В лекциях излагаются научные основы дисциплины. На их базе разрабатываются методологические подходы и принципы изучения различных физических явлений. В начале изложения дисциплины аспирантом приводится необходимый математический аппарат, обращается внимание на различные физические и математические модели изучаемых явлений. Следует обратить внимание на логическую последовательность изложения курса с целью его системного понимания и повышения усвояемости. Вместе с тем, следует подчеркнуть практическую значимость каждого из его разделов на конкретных примерах.

Непрерывный рост потока учебной информации ставит перед лектором проблему повышения эффективности процесса передачи информации аспирантам. Этого можно достичь за счет комплексного использования различных технических средств обучения и современных информационных технологий. Опыт показывает, что на лекциях целесообразно использовать следующие технические средства информации: плакаты, мультимедию, фрагменты кино- и видеофильмов и лекционные демонстрации.

Лекционные демонстрации являются неотъемлемой частью курса физики магнитных явлений. Лекционные демонстрации должны обеспечить возможность показа на опыте физические явления и эффекты, служащие предметом лекции. В случае невозможности демонстрации того или иного явления на опыте следует дополнить изложение материала показом диапозитивов, диафильмов, фрагментов кино- и видеофильмов.

Формированию и развитию профессиональных навыков аспирантов способствует широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекции-дискуссии, обсуждение поставленной проблемы в группах на практических занятиях) в сочетании с внеаудиторной работой.

### **11.2. Методические рекомендации для аспирантов**

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание уделяя целям и задачам дисциплины, структуре и содержанию курса. Успешное освоение дисциплины возможно только при активном, творческом участии аспиранта в работе над курсом путем регулярной, планомерной и повседневной работы.

Курс физики магнитных явлений тесно связан с курсом математики, поэтому необходимо обратить особое внимание на изучение соответствующих разделов математики. Только свободное владение математикой позволит легко делать необходимые преобразования физических формул и уравнений, решать физические задачи и производить различные вычисления.

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждому разделу дисциплины. На лекциях старайтесь записывать основные физические положения, формулы, выводы формул. Обращайте внимание не только на формулы и их выводы, но и на те пояснения, которые делает при этом преподаватель. Если на лекции возникают вопросы, не стесняйтесь задавать их преподавателю. Часто лекции сопровождаются лекционными демонстрациями.

Полезно в конспекте кратко изложить сущность демонстрации, подчеркнув при этом, какие теоретические положения она иллюстрирует.

После занятий сразу просмотрите конспект лекции, отметьте материал, который вызывает затруднения для понимания. Используйте рекомендуемый учебник для поиска ответа на затруднительные вопросы. Если самостоятельно не удалось разобраться с материалом, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, навыки и умения по контрольным вопросам.

Для повышения качества и уровня усвоения теоретического материала курса полезно (и необходимо) самостоятельно решать характерные задачи по всем разделам курса с использованием теоретического материала лекций и рекомендуемых учебников и учебных пособий.

При решении задач необходимо соблюдать следующие правила:

- данные задачи при необходимости перевести в систему СИ и составить краткое условие (допускается решение задачи во внесистемных единицах);
- проанализировать задачу, отметить достаточность данных для ее решения, при необходимости дополнить задачу справочными данными и наметить путь ее решения;
- пояснить условие задачи и последующее решение рисунком (схемой);
- решить задачу в общем виде, сопровождая решение краткими комментариями;
- выполнить проверку размерности итоговых формул;
- выполнить численный расчет, округлить результаты расчетов с учетом необходимой точности решения и оценить логическую целесообразность полученных величин.

Вопросы для углубленного самостоятельного изучения

1. Соединения РЗМ с железом и кобальтом.
2. Магнитная фазовая диаграмма в ферромагнитных редкоземельных сплавах.
3. Магнитные материалы с f и d элементами.
4. Магнитные материалы с мультиферроэлектрическими свойствами.
5. Редкоземельные магнитодиэлектрики (ферриты).
6. Редкоземельные магнитодиэлектрики (гранаты).
7. Спин-переориентационные переходы в материалах с f и d элементами.

## **12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **12.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

Текущий контроль проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы аспирантов. Результаты текущего контроля являются допуском к промежуточной аттестации.

## **Шкала оценивания**

Уровень освоения аспирантам учебного материала определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

## **Показатели и критерии оценивания текущих результатов освоения дисциплины**

Оценку «отлично» заслуживает аспирант, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, изучивший основную и знакомый с дополнительной литературой.

Оценку «хорошо» заслуживает аспирант, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполнивший предусмотренные учебной программой задания, изучивший основную литературу.

Оценку «удовлетворительно» заслуживает аспирант, обнаруживший знание основного учебного материала в полном объеме, необходимом для подготовки к сдаче кандидатского экзамена, выполнивший предусмотренные учебной программой задания, знакомый с основной литературой.

Оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший пробелы в знаниях основного учебного материала, допустивший принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой заданий.

## **12.2. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости**

### **12.2.1. Вопросы для текущего контроля успеваемости**

1. Дайте определение основным физическим величинам раздела «Физика магнитных явлений»: магнитное поле, магнитная индукция, намагниченность, напряженность магнитного поля, магнитная проницаемость и восприимчивость.

2. Что такое поток вектора магнитной индукции, запишите его в векторном и скалярном виде.

3. Сформулируйте и запишите закон Био-Савара-Лапласа.

4. Что такое сила Ампера. Запишите в векторном и скалярном виде. Поясните на примере, как определить направление силы Ампера.

5. Что такое сила Лоренца. Запишите в векторном и скалярном виде. Поясните на примере, как определить направление силы Лоренца.

6. Какие вы знаете возможные траектории движения заряженной частицы в постоянном однородном магнитном поле. Чем обусловлено их отличие друг от друга.

7. Что такое явление электромагнитной индукции. Сформулируйте и запишите закон Фарадея. Примените правило Ленца.

8. Что такое самоиндукция и Индуктивность контура.

9. Запишите уравнения Максвелла. Какие физических принципы они выражают.

10. Какие типы магнетиков вы знаете.

11. Какие основные свойства ферромагнетиков вы знаете.

12. Запишите закон Кюри и Кюри – Вейсса.

13. Что такое ферромагнитные домены и эффект Баркгаузена.
14. Что такое магнитная анизотропия и константы магнитной анизотропии.
15. Какие типы фазовых переходов вы знаете. В чем их основное отличие.
16. Какие ионы редких земель вы знаете, где они располагаются в таблице Менделеева и в чем их основная особенность.
17. Назовите основные методы создания магнитных полей.