

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета В.А. Небольсин  
«16» августа 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика магнетизма»

Направление подготовки 16.03.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы  /Стогней О.В./

Заведующий кафедрой  
Физики твердого тела  /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП  /Калинин Ю.Е./

Воронеж 2017

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Обеспечение фундаментальных знаний и навыков в области физики магнитных явлений.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Магнитные свойства атомов. Диамагнетизм. Частота Ларморовой прецессии. Классическая теория парамагнетизма. Модель Ланжевена.

Особенности парамагнетизма d-переходных групп, парамагнетизм Паули.

Основное состояние ферромагнетика. Антиферромагнитные вещества. Ферримагнетики. Метод молекулярного поля в теории ферромагнетизма. Спонтанная намагниченность, ее зависимость от температуры. Закон Кюри-Вейсса. Обменное взаимодействие.

Теория процессов перемагничивания ферромагнетика. Доменная структура. Основы теории магнитных доменов. Доменные стенки.

Магнитострикция. Магнитная анизотропия. Перемагничивание в переменных полях. Потери на перемагничивание.

Ферриты. Применение ферритов в технике. Аморфные магнетики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика магнетизма» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физика магнетизма» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

ПК-6 - готовностью составить план заданного руководителем научного исследования, разработать адекватную модель изучаемого объекта и определить область ее применимости

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать: физическую сущности процессов, протекающих в магнитных материалах, в том числе при воздействии внешних полей и изменении температуры
	Уметь: выполнять качественные оценки величины эффектов и характеристических параметров с учётом особенностей доменной структуры, типа и концентрации легирующих примесей
	Владеть: навыками выбора магнитного материала для различных устройств электронной техники.

ПК-6	Знать: основы физики магнитных явлений
	Уметь: применять знания о газовом разряде для осаждения тонких пленок; выбирать тип газового разряда в зависимости от вида и типа пленки, формируемой напылением.
	Владеть: навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физика плазмы» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54	54
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	81	81
Часы на контроль	45	45
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

##### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Неколлениарные магнетики.	Диамагнетизм и парамагнетизм. Ларморовский диамагнетизм атомов с полностью заполненными внутренними оболочками. Ланжевенский парамагнетизм. Функция Ланжевена. Закон Кюри. Парамагнетизм переходных элементов группы железа. Парамагнетизм Паули.	6	2	12	20
2	Ферромагнетизм.	Внутреннее магнитное поле Вейсса. Закон Кюри-Вейсса. Электростатическая природа поля Вейсса. Эксперимент Дорфмана. Обменное взаимодействие. Модель Лондона. Обменный интеграл. Модель	12	8	27	47

		ферромагнетизма Гейзенберга. Зонная модель магнетизма. Анти-и ферромагнетики. Кривая перемагничивания ферромагнетиков. Домены, доменная структура. Теория Лившица-Ландау. Доменные стенки.				
3	Динамика намагничения.	Понятие магнитной анизотропии. Оси легкого и трудного намагничивания ферромагнетика. Наведенная магнитная анизотропия. Магнитострикция. Намагничение смещением доменных стенок. Вращение магнитных моментов доменов. Динамические свойства ферромагнетиков. Фактор магнитных потерь. Потери на вихревые токи. Собственный магнитный резонанс. Предел Сноэка.	9	4	21	34
4	Практическое применение магнитных материалов	Магнитожесткие и магнитомягкие материалы. Области применения. Причины магнитожесткости. Ферромагнетизм аморфных металлических сплавов. Магнитные свойства АМС. Зависимость коэрцитивной силы от размера зерна для поли- и нанокристаллических ферромагнетиков. Магнитные свойства нанокристаллических ферромагнетиков.	9	4	21	34
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>81</b>	<b>135</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	Знать: физическую сущности процессов, протекающих в магнитных материалах, в том числе при воздействии внешних полей и изменении температуры	Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: выполнять качественные оценки величины эффектов и характеристических параметров с учётом особенностей доменной структуры, типа и концентрации легирующих примесей	Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: навыками выбора магнитного материала для различных устройств электронной техники.	Написание коллоквиумов, прохождение тестов.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-6	Знать: основы физики магнитных явлений	Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: применять знания о газовом разряде для осаждения тонких пленок; выбирать тип газового разряда в зависимости от вида и типа пленки, формируемой напылением.	Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: навыками использования методов измерения основных	Написание коллоквиумов, прохождение тестов.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	характеристик магнитных материалов.			
--	-------------------------------------	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знать: физическую сущности процессов, протекающих в магнитных материалах, в том числе при воздействии внешних полей и изменении температуры	Тест	Выполнение задания на 90-100%	Выполнение задания на 80-90%	Выполнение задания на 70-80%	В задании менее 70% правильных ответов
	Уметь: выполнять качественные оценки величины эффектов и характеристических параметров с учётом особенностей доменной структуры, типа и концентрации легирующих примесей	Тест, коллоквиум	Выполнение задания на 90-100%	Выполнение задания на 80-90%	Выполнение задания на 70-80%	В задании менее 70% правильных ответов
	Владеть: навыками выбора магнитного материала для различных устройств электронной техники.	Тест, коллоквиум	Выполнение задания на 90-100%	Выполнение задания на 80-90%	Выполнение задания на 70-80%	В задании менее 70% правильных ответов
ПК-6	Знать: основы физики магнитных явлений	Тест	Выполнение задания на 90-100%	Выполнение задания на 80-90%	Выполнение задания на 70-80%	В задании менее 70% правильных ответов
	Уметь: применять знания о газовом разряде для	Тест, коллоквиум	Выполнение задания на 90-100%	Выполнение задания на 80-90%	Выполнение задания на 70-80%	В задании менее 70% правильных

осаждения тонких пленок; выбирать тип газового разряда в зависимости от вида и типа пленки, формируемой напылением.						ответов
Владеть: навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.	Тест, коллоквиум	Выполнение задания на 90-100%	Выполнение задания на 80-90%	Выполнение задания на 70-80%	В задании менее 70% правильных ответов	

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Что порождает магнитное поле?
  - Магнитная индукция
  - Движущиеся электрические заряды
  - Ядра атомов, формирующих твердые тела
  - Оно есть всегда, это форма материи, которая существует в пространстве независимо от каких-либо воздействий
2. Какой параметр отображается символом  $H$ ?
  - Магнитная индукция (индукция магнитного поля)
  - Магнитная проницаемость
  - Напряженность магнитного поля
  - Магнитная восприимчивость
3. Какой параметр отображается символом  $\mu$ ?
  - Магнитная индукция (индукция магнитного поля)
  - Магнитная проницаемость
  - Напряженность магнитного поля
  - Магнитная восприимчивость
4. Какие величины связывает магнитная восприимчивость?
  - Индукцию и напряженность поля
  - Намагниченность и напряженность магнитного поля
  - Намагниченность и магнитный момент
  - Магнитный момент и объем материала
5. Какое из приведённых выражений правильное?
  - $\mu = \chi - 1$
  - $\mu = \chi + 1$
  - $\mu + \chi = 1$
  - $\mu = 1/(\chi + 1)$
6. Есть ли разница между параметрами  $H$  и  $B$ ?

- Нет, они оба характеризуют магнитное поле.
  - Есть, формальная: один параметр определяет внешнее магнитное поле, другой - поле внутри материала или среды
  - Есть, эти параметры определяют принципиально разные величины
  - Нет, один параметр используется в системе СИ, другой в системе СГСЭ
7. Какие величины связывает магнитная проницаемость?
- Индукцию и напряженность поля
  - Намагниченность и напряженность магнитного поля
  - Намагниченность и магнитный момент
  - Магнитный момент и объем материала
8. Какое выражение записано правильно?
- $B = \mu \mu_0 H$
  - $I = \mu \mu_0 H$
  - $B = I / \chi$
  - $B = \chi \mu_0 H$
9. В каких единицах измеряется напряженность магнитного поля? (может быть несколько правильных ответов, поскольку есть разные системы единиц)
- А/м
  - Гс (Гаусс)
  - Тл (Тесла)
  - Э (Эрстед)
10. Какие элементарные магнитные моменты определяют магнитные свойства твердых тел?
- спиновые магнитные моменты
  - спиновые и орбитальные магнитные моменты
  - спиновые, орбитальные и магнитные моменты ядра атома (магнитные моменты протонов)
  - магнитные моменты ядра атома
11. Что такое Ларморова частота?
- Частота, с которой обращаются электроны вокруг ядра в атоме
  - Частота, с которой магнитное поле может воздействовать на магнитные моменты атома
  - Частота, с которой переориентируется магнитный момент под действием тепловых флуктуаций
  - Частота, с которой прецессируют орбитальные магнитные моменты под действием магнитного поля
12. Какие магнитные моменты ответственны за проявление ферромагнитных свойств в металлических материалах
- спиновые магнитные моменты
  - спиновые и орбитальные магнитные моменты
  - спиновые, орбитальные и магнитные моменты ядра атома (магнитные моменты протонов)
  - орбитальные магнитные моменты
13. Что такое магнетон Бора?
- единица элементарного магнитного момента
  - магнитный момент первой Боровской орбиты
  - суммарный магнитный момент атома
  - магнитный момент атомного ядра

14. Какие характеристики измеряются в магнетонах Бора?

- Намагниченность твердых тел
- Атомный магнитный момент
- Атомный и спиновый магнитный момент
- Суммарный магнитный момент твёрдого тела

15. Чему равен суммарный орбитальный момент полностью заполненной электронной оболочки (например, у атома неона – 10 номер в периодической таблице)?

- Алгебраической сумме орбитальных магнитных моментов (что-то вроде 10)
- Сумме орбитальных магнитных моментов с учётом правил квантования (величина явно меньше 10)
- Ноль
- Плоская орбита, по которой движется электрон, очень грубое приближение, скорее это сфера, поэтому суммарный момент величина переменная

16. Чему равен средний атомный магнитный момент (в магнетонах Бора) у 3d переходных металлов (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni)?

- Это многоэлектронные атомы, поэтому у них магнитный момент значительно больше единицы (в зависимости от элемента ~ 15-25)
- Максимальное число 3d электронов равно 10, следовательно, магнитный момент меняется от 5 до 10 (в зависимости от элемента)
- Существует некое компенсирование магнитных моментов, поэтому у атомов, расположенных в узлах решётки, величина магнитного момента может быть равна 1 - 3 (в зависимости от элемента)
- Атомный магнитный момент это интегральная величина – орбитальные и спиновые моменты взаимно компенсируют друг – друга, следовательно, средний момент атома равен нулю.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Основная причина наличия атомных магнитных моментов?

- Орбитальный магнитный момент электрона и спиновый магнитный момент электрона
- Атомный магнитный момент ядра
- Орбитальный магнитный момент электрона

2. Какие магнитные моменты ответственны за ферромагнитные свойства, проявляемые 3d-ферромагнетиками?

- Магнитные моменты атомного ядра
- Орбитальные и спиновые моменты электронов.
- Спиновые магнитные моменты электронов.

3. Диамагнетики это магнетики у которых ...

- ... во внешнем магнитном поле возникает магнитный момент, ориентированный противоположно внешнему полю.
- ... во внешнем магнитном поле возникает магнитный момент, ориентированный параллельно внешнему полю.
- ... имеющиеся магнитные моменты ориентируются противоположно внешнему полю.

4. «Классическими» диамагнетиками являются ...

- ... все металлы.
- ... вещества, у которых электронные оболочки атомов полностью заполнены.
- ... вещества, у которых внешние электронные оболочки не заполнены полностью.

5. Парамагнетики – это вещества, у которых ...

- атомные магнитные моменты параллельны друг другу в отсутствие внешнего поля.
- атомные магнитные моменты упорядочиваются только при наложении внешнего магнитного поля.
- атомные магнитные моменты равны нулю в отсутствие внешнего магнитного поля.

6. Какое значение имеет остаточная намагниченность у парамагнетиков при комнатной температуре?

- равна нулю.
- отлична от нуля и равна намагниченности насыщения.
- отлична от нуля и зависит от напряженности поля, которое было приложено к материалу.

7. Как выглядит температурная зависимость магнитной восприимчивости парамагнетиков в модели Ланжевена?

- не зависит от температуры.
- возрастает с температурой.
- убывает с ростом температуры.

8. Какое численное значение имеет относительная магнитная восприимчивость у диамагнетиков?

- $\chi < 0$
- $0 < \chi < 1$
- $1 < \chi$

9. Что такое намагниченность?

- намагниченность это магнитный момент единицы объема вещества.
- намагниченность это максимальный магнитный момент магнетика.
- намагниченность это магнитное поле, которое магнетик создает вокруг себя.

10. Что такое коэрцитивная сила?

- коэрцитивная сила это сила, с которой магнитные материалы взаимодействуют друг с другом.
- коэрцитивная сила это значение напряженности магнитного поля, которое нужно приложить к магнетiku, чтобы полностью его размагнитить.
- коэрцитивная сила это значение напряженности магнитного поля, которое нужно приложить к магнетiku, чтобы намагнитить его до состояния насыщения.

11. Что такое остаточная намагниченность?

- остаточная намагниченность это намагниченность магнетика в нулевом внешнем поле.
- остаточная намагниченность это намагниченность магнетика после его пластической деформации.
- остаточная намагниченность это намагниченность магнетика при

$T=0\text{K}$ .

12. Температура Кюри это ...

- температура плавления магнитного материала.
- температура перехода в антиферромагнитное состояние
- температура, при которой происходит переход

парамагнетик $\leftrightarrow$ ферромагнетик

13. Домен в ферромагнитном материале это ...

- область материала, спонтанно намагниченная до насыщения.
- область материала, в которой происходит поворот векторов

намагниченности на  $180^\circ$ .

- область материала, в которой намагниченность ферромагнетика

равна нулю.

14. Петля магнитного гистерезиса у ферромагнитных материалов

обусловлена ...

- пиннингом доменных стенок на структурных дефектах.
- деформацией магнетика при его перемагничивании.
- переходом из парамагнитного в ферромагнитное состояние.

15. Что является причиной возникновения ферромагнитного упорядочения?

- обменное взаимодействие.
- магнитная анизотропия.
- дипольное взаимодействие между атомными магнитными моментами.

16. Какие ферромагнитные материалы называются магнитомягкими?

- материалы с низкой коэрцитивной силой.
- материалы с маленькими значениями магнитной проницаемости.
- материалы, чья форма и размеры меняются при перемагничивании.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Объясните суть эксперимента Эйнштейна-де Гааза. О чем свидетельствует полученный в эксперименте результат?

2. Объясните результат эксперимента Дорфмана.

3. Назовите основные материалы, проявляющие ферромагнитные свойства.

4. В чем заключается основная особенность ферромагнитных материалов.

5. Почему объяснение упорядочения магнитных моментов в ферромагнетике с точки зрения наличия магнитного взаимодействия между ними не верно?

6. Каковы типичные значения магнитной проницаемости и восприимчивости для ферромагнетиков. О чем говорят такие значения?

7. Что такое «температура Кюри»? Как намагниченность насыщения ферромагнитного материала зависит от температуры?

8. С какой целью вводилось понятие молекулярного поля Вейсса?

9. Суть закона Кюри-Вейса.

10. Что такое обменное взаимодействие? Какова его природа и между чем это взаимодействие реализуется?

11. Дайте понятие обменного интеграла.

12. От чего зависит знак обменного интеграла?

13. Что является результатом наличия (действия) обменного взаимодействия?

14. Приведите график зависимости обменного интеграла от отношения расстояния между атомами (параметра решетки) к диаметру  $d$ -оболочки  $3d$ -элементов.

15. Как связано обменное взаимодействие с температурой Кюри?

16. На каких предположениях основана модель ферромагнетизма Гейзенберга ?

17. На каких предположениях основана модель коллективизированных электронов, объясняющая ферромагнетизм  $3d$ -элементов?

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

1. Основные величины, используемые при описании магнитных свойств материалов (напряженность магнитного поля, магнитная индукция, магнитный момент, намагниченность), а также основные характеристики магнитных материалов (магнитная проницаемость и восприимчивость). Аналитические выражения для проницаемости и восприимчивости. Основные виды (три типа) магнитных материалов. Значения магнитной проницаемости и восприимчивости для этих трех типов материалов.

2. Магнитные свойства атома. Два типа магнитных моментов атома. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора.

3. Основные особенности диамагнетиков. Природа диамагнетизма. Прецессия магнитного момента. Температурная зависимость магнитной восприимчивости диамагнетиков.

4. Основные особенности парамагнетиков. Природа парамагнетизма. Классическая модель Ланжевена. Температурная зависимость магнитной восприимчивости парамагнетиков, закон Кюри.

5. Основные особенности парамагнетиков. Природа парамагнетизма. Парамагнетизм твердых тел. Модель Паули для парамагнетизма металлов.

6. Основные свойства ферромагнетиков. Кривая намагничивания, коэрцитивная сила, намагниченность насыщения, остаточная намагниченность. Температурная зависимость намагниченности ферромагнетика, температура Кюри.

7. ФеррИмагнетики и антиферромагнетики. Основные свойства.

8. Природа ферромагнетизма. Опыты Эйнштейна де Гааза и Дорфмана, основные выводы, сделанные на основе этих экспериментов. Причина возникновения спонтанной намагниченности у ферромагнетиков, понятие об обменном взаимодействии.

9. Обменное взаимодействие. Обменный интеграл и зависимость его знака от расстояния между атомами.

10. Процессы перемагничивания ферромагнетика. Объяснение нелинейной зависимости намагниченности ферромагнетика от внешнего магнитного поля. Понятие о ферромагнитных доменах. Скачки Баркгаузена.

11. Причина образования доменов в ферромагнетиках. Какие основные виды энергий обычно рассматриваются для объяснения разбиения ферромагнитного материала на домены. Как эти виды энергий влияют на форму доменной структуры.

12. Понятие доменной стенки. Два вида доменной стенки. Методы

наблюдения доменной стенки.

13. Магнитная анизотропия, кристаллографическая анизотропия. Модель спиновой пары. Что такое наведенная анизотропия.

14. Магнитострикция. Зависимость магнитострикции от состава магнетика.

15. Магнитные характеристики вещества в переменных магнитных полях. Понятие о комплексной магнитной проницаемости.

16. Определение магнитомягких материалов. Способы создания магнитомягких материалов. Типы магнитомягких материалов.

17. Определение магнито жестких материалов. Способы создания магнито жестких материалов. Типы магнито жестких материалов.

18. Механизмы потерь при перемагничивании магнетиков на высоких частотах. Какие потери доминируют при низких частотах, какие потери доминируют при высоких частотах.

Ферриты. Особенности ферритов. Причины, по которым ферриты применяются в технике. Предельная линия Сноэка, потери на естественный магнитный резонанс.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не ответил ни на один вопрос.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил на один вопрос и дополнительные качественные вопросы.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент ответил на два вопроса и дополнительные качественные вопросы.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент ответил на три вопроса по билету и дополнительные вопросы.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Неколлениарные магнетики.	ОПК-1, ПК-6	Тест, коллоквиум, экзамен
2	Ферромагнетизм.	ОПК-1, ПК-6	Тест, коллоквиум, экзамен
3	Динамика намагничения.	ОПК-1, ПК-6	Тест, коллоквиум, экзамен
4	Практическое применение магнитных материалов	ОПК-1, ПК-6	Тест, коллоквиум, экзамен

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Коллоквиумы проводятся в виде письменных ответов на предложенные качественные вопросы. Обычно в одном коллоквиуме предлагается ответить на 15 – 19 вопросов. Время написания 45 мин, после чего коллоквиумы проверяются преподавателем. Оценка за коллоквиум выставления согласно методики оценки при проведении промежуточной аттестации. После проверки результатов и их анализа проводится обсуждение результатов коллоквиума с анализом неправильных ответов.

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 40 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором, выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации. После этого проводится обсуждение полученных результатов в режиме вопрос-ответ, с анализом неправильных ответов.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов Физика твердого тела Учеб. пособие / - 3-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2000. - 494с.
2. Вонсовский С.В. Магнетизм : Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро- и ферримагнетиков. М. : Наука, 1971. - 1032 с.
3. Мишин Д.Д. Магнитные материалы Учеб. пособие / 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1991. - 384с.
4. Пасынков В.В. Материалы электронной техники Учебник. - 6-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2004. - 368 с.
5. Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. Учебник – М.: Физматлит, 2005. – 215 с.
6. Ю.Е.Калинин, О.В.Стогней Методические указания 194-2014 к практическим занятиям по курсу «Физика магнетизма» для студентов направления 223200.62 «Техническая физика» (профиль подготовки «Физическая электроника») и по курсу «Основы магнетизма» для студентов направления 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (профиль подготовки «Компоненты микро- и наносистемной техники») очной формы обучения [Электронный ресурс] - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 32 с.
7. Дьяченко Н.В. Лабораторный практикум по дисциплине «Физика». Раздел «Электричество и магнетизм» [Электронный ресурс]/ Дьяченко Н.В., Бодунов Е.Н., Арешев И.П.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2001.— 100 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14921.html>.— ЭБС «IPRbooks»

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Программные продукты: Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оснащенная доской.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Физика магнетизма» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе, а также проведение блиц-опроса по предыдущему материалу.

Практические занятия направлены на приобретение навыков теоретического анализа свойств и характеристик конденсированных сред. Занятия проводятся в режиме диалога и обсуждения наиболее сложных вопросов в аудитории.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой коллоквиумов, тестов, устных опросов. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с

занятие	конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>