

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета РТЭ Небольсин В.А.  
«27» марта 2024 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 2024

Автор программы

Стогней О.В.

Заведующий кафедрой  
Твердотельной электроники

Небольсин В.А.

Руководитель ОПОП

Янченко Л.И.

Воронеж 2024

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Обеспечение фундаментальных знаний и навыков в области физики магнитных явлений.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Формирование у студентов систематических знаний по следующим разделам магнетизма твердых тел:

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 части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

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

ПК-1 - Способность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>                                                                                                                                                                             |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1               | знать отечественные и зарубежные достижения в области магнетизма твердых тел; основы физики магнитных явлений; 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 применений, навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.                                                                                         |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физика магнетизма» составляет 6 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>           | 126         | 126      |
| Часы на контроль                        | 36          | 36       |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен | +           | +        |
| Общая трудоемкость:                     |             |          |
| академические часы                      | 216         | 216      |
| зач.ед.                                 | 6           | 6        |

#### 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     | Неколлинеарные магнетики. | Диамagnetизм и парамагнетизм. Ларморовский диамagnetизм атомов с полностью заполнен-ными внутренними оболочками. Ланжевенский парамагнетизм. Функция Ланжевена. Закон Кюри. Парамагнетизм переходных элементов группы железа. Парамагнетизм Паули.                                                                                                | 6    | 2         | 20  | 28         |
| 2     | Ферромагнетизм.           | Внутреннее магнитное поле Вейсса. Закон Кюри-Вейсса. Элек-тростатическая природа поля Вейсса. Эксперимент Дорфмана. Обменное взаимодействие. Модель Лондона. Обменный интеграл. Модель ферромагнетизма Гейзенберга. Зонная модель магнетизма. Анти- и ферримагнетики. Кривая перемагничивания ферромагнетиков. Домены, доменная структура. Теория | 12   | 6         | 42  | 60         |

|       |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |    |     |     |
|-------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|-----|
|       |                                              | Лившица-Ландау. Доменные стенки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |     |     |
| 3     | Динамика намагничивания.                     | Понятие магнитной анизотропии. Оси легкого и трудного намагничивания ферромагнетика. Наведенная магнитная анизотропия. Магнитострикция. Намагничивание смещением доменных стенок. Вращение магнитных моментов доменов. Динамические свойства ферромагнетиков. Фактор магнитных потерь. Потери на вихревые токи. Собственный магнитный резонанс. Предел Сноэка. | 9  | 4  | 31  | 44  |
| 4     | Практическое применение магнитных материалов | Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Области применения. Причины магнитотвердости. Ферромагнетизм аморфных металлических сплавов. Магнитные свойства АМС. Зависимость коэрцитивной силы от размера зерна для поли- и нанокристаллических ферромагнетиков. Магнитные свойства нанокристаллических ферромагнетиков.                                         | 9  | 6  | 33  | 48  |
| Итого |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 36 | 18 | 126 | 180 |

## 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                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ПК-1        | Знать: отечественные и зарубежные достижения в области магнетизма твердых тел; основы физики магнитных явлений; 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 применений, навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.                                                                                         | Написание коллоквиумов, прохождение тестов.                                           | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 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.                               |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| ПК-1        | Знать: отечественные и зарубежные достижения в области магнетизма твердых тел; основы физики магнитных явлений; физическую сущности процессов, протекающих в магнитных материалах, в том числе при воздействии внешних полей и изменении | Тест                | Выполнение задания на 90-100% | Выполнение задания на 75-90% | Выполнение задания на 50-75% | В задании менее 50% правильных ответов |

|  |                                                                                                                                                                           |                  |                               |                              |                              |                                        |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
|  | температуры.                                                                                                                                                              |                  |                               |                              |                              |                                        |
|  | 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 75-90% | Выполнение задания на 50-75% | В задании менее 50% правильных ответов |
|  | Владеть: навыками выбора магнитного материала для различных применений, навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.             | Тест, коллоквиум | Выполнение задания на 90-100% | Выполнение задания на 75-90% | Выполнение задания на 50-75% | В задании менее 50% 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

### 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 отсутствии внешнего поля.

- атомные магнитные моменты упорядочиваются только при наложении внешнего магнитного поля.

- атомные магнитные моменты равны нулю в отсутствии 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 магнетику, чтобы полностью его размагнитить.

- коэрцитивная сила это значение напряженности магнитного поля, которое нужно приложить к магнетику, чтобы намагнитить его до состояния насыщения.

### 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-Вейсса.
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 ?  
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 магнитожестких материалов. Способы создания магнитожестких материалов. Типы магнитожестких 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 Сноека, 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.

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     | Неколлинеарные магнетики.                    | ПК-1                           | Тест, коллоквиум, экзамен        |
| 2     | Ферромагнетизм.                              | ПК-1                           | Тест, коллоквиум, экзамен        |
| 3     | Динамика намагничивания.                     | ПК-1                           | Тест, коллоквиум, экзамен        |
| 4     | Практическое применение магнитных материалов | ПК-1                           | 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. Гуфан, А. Ю. Физика магнитных явлений : учебник / А. Ю. Гуфан, Ю. М. Гуфан. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. — 372 с. [Текст : электронный] // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: URL: <https://www.iprbookshop.ru/115544.html>

2. Лилеев, А. С. Механизмы перемангничивания магнитных материалов. Моделирование процессов перемангничивания : учебное пособие / А. С. Лилеев. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2020. — 49 с. [Текст : электронный] // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: URL: <https://www.iprbookshop.ru/106888.html>

3. Кудреватых, Н. В. Магнетизм редкоземельных металлов и их интерметаллических соединений : учебное пособие / Н. В. Кудреватых, А. С. Волегов. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 200 с. — ISBN 978-5-7996-1604-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106888.html>

4. Мушников, Н. В. Магнетизм и магнитные фазовые переходы : учебное пособие / Н. В. Мушников. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. — 168 с. [Текст : электронный] // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: URL: <https://www.iprbookshop.ru/107051.html>
5. П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов Физика твердого тела Учеб. пособие / - 3-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2000. - 494с.
6. Вонсовский С.В. Магнетизм : Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро- и ферримагнетиков. М. : Наука, 1971. - 1032 с.
7. Мишин Д.Д. Магнитные материалы Учеб. пособие / 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1991. - 384с.
- 8.Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. Учебник – М.: Физматлит, 2005. – 215 с.
- 9.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.

**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:**

**Электронная информационная образовательная среда ВГТУ, код доступа:** <http://eios.vorstu.ru/>

**Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:**

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет программ семейства MS Office;
- Пакет офисных программ OpenOffice;
- Программа просмотра файлов Djview;
- Программа просмотра файлов формата pdf AcrobatReader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

**Используемые электронные библиотечные системы:**

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL», код доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;
- Университетская библиотека онлайн, код доступа: <http://biblioclub.ru/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», код доступа <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks, код доступа: <http://www.iprbookshop.ru>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, код доступа: <http://elibrary.ru/>.

**Информационные справочные системы:**

- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, код доступа <http://fgosvo.ru>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам, код доступа

<http://window.edu.ru/>;  
открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ, код доступа  
<http://online.mephi.ru/>;  
открытое образование, код доступа: <https://openedu.ru/>;  
физический информационный портал, код доступа:  
<http://phys-portal.ru/index.html>

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

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

## **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, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

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; пометать 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 занятие | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с 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 усвоения 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений | Дата внесения<br>изменений | Подпись<br>заведующего<br>кафедрой,<br>ответственной за<br>реализацию ОПОП |
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|          |                             |                            |                                                                            |
|          |                             |                            |                                                                            |
|          |                             |                            |                                                                            |
|          |                             |                            |                                                                            |