

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета В.А.Небольсин

«31» августа 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Основы магнетизма»

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль Компоненты микро- и наносистемной техники

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы  /Стогней О.В./

**И.о. заведующего кафедрой
Физики твердого тела**  /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП  /Стогней О.В./

Воронеж 2021

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 «Основы магнетизма» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ОПК-1 - Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать: основы физики магнитных явлений; физическую сущности процессов, протекающих в магнитных материалах, в том числе при воздействии внешних полей и изменении температуры; физические причины, приводящие к появлению определенных магнитных свойств у материалов (диа-, пара-, ферро- и т.д.).
	Уметь: классифицировать магнитные материалы в

	соответствии с их реакцией на внешние магнитные поля.
	Владеть: навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы магнетизма» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	63	63
Часы на контроль	45	45
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
з.е.	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.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные характеристики магнитных свойств твердых тел	Введение. Основные параметры и характеристики, используемые в физике магнетизма твердых тел. Магнитные свойства атома. Орбитальный и спиновый магнитные моменты.	4	4	4	8	20
2	Основные типы твердотельных магнетиков	Диамагнетизм. Природа Диамагнетизма. Парамагнетизм. Природа парамагнетизма. Модель Ланжевена. Парамагнетизм Паули. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейсса. Обменное взаимодействие. Основные модели ферромагнетизма.	12	6	4	21	43

		Ферромагнетики. Антиферромагнетики.					
3	Процессы перемагничивания ферромагнетиков	Механизмы перемагничивания ферромагнетиков. Кривая намагничивания. Домены. Доменные стенки. Магнитная анизотропия. Магнитострикция. Магнитомягкие и магнитотвердые ферромагнетики. Аморфные магнитные материалы. Зависимость коэрцитивной силы от размера зерна для поли- и нанокристаллических ферромагнетиков.	12	6	4	21	43
4	Динамические процессы перемагничивания	Динамические процессы намагничивания ферромагнетиков в переменных полях. Комплексная магнитная проницаемость. Потери на перемагничивание ферромагнетиков в переменных полях. Ферриты.	8	2	6	13	29
Итого			36	18	18	63	135

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование основных магнитных характеристик ферромагнитного материала.

2. Исследование пространственного распределения напряженности магнитного поля, создаваемого катушками с электрическим током. Катушки Гельмгольца.

3. Исследование магнитного фазового перехода. Определение температуры Кюри ферромагнитного материала.

4. Исследование концентрационной зависимости комплексной магнитной проницаемости двухфазных образцов ферромагнетик-диэлектрик.

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 основы физики магнитных явлений; физическую сущности процессов, протекающих в магнитных материалах, в том числе при воздействии внешних полей и изменении температуры; физические причины, приводящие к появлению определенных магнитных свойств у материалов (диа-, пара-, ферро- и т.д.).	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 классифицировать магнитные материалы в соответствии с их реакцией на внешние магнитные поля.	Написание коллоквиумов, прохождение тестов.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.	Выполнение и защита лабораторных работ	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.
ОПК-1	Знать основы физики магнитных явлений; физическую сущности процессов, протекающих в магнитных материалах, в том числе при воздействии внешних полей и изменении температуры; физические причины, приводящие к появлению определенных магнитных свойств у материалов (диа-, пара-, ферро- и т.д.).	Коллоквиум, Тест	Выполнение задания на 90-100%	Выполнение задания на 80-90%	Выполнение задания на 70-80%	В задании менее 70% правильных ответов
	Уметь классифицировать магнитные материалы в	Коллоквиум, Тест	Выполнение задания на	Выполнение задания на	Выполнение задания на 70-	В задании менее 70%

	соответствии с их реакцией на внешние магнитные поля.		90-100%	80-90%	80%	правильных ответов
	Владеть навыками использования методов измерения основных характеристик магнитных материалов.	Коллоквиум, Тест	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 μ ?
 - 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, магнитный момент может меняться в пределах 1 - 5 (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 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 магнетика, чтобы полностью его размагнитить.
- коэрцитивная сила это значение напряженности магнитного поля, которое нужно приложить к магнетика, 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° .
- 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?
Основные виды (типы) обменного взаимодействия.

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. Ферромагнетики 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 Снука, 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	Основные характеристики магнитных свойств твердых тел	ОПК-1	Коллоквиум, тест, экзамен
2	Основные типы твердотельных магнетиков	ОПК-1	Коллоквиум, тест, экзамен
3	Процессы перемагничивания ферромагнетиков	ОПК-1	Коллоквиум, тест, экзамен
4	Динамические процессы перемагничивания	ОПК-1	Коллоквиум, тест, 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, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо 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 перемагничивания магнитных материалов. Моделирование процессов перемагничивания : 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/107051.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. О.В.Стогней, И.В.Бабкина Методические указания 348-2014 к лабораторным работам по курсу «Основы магнетизма» для студентов направления 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника», профиля «Компоненты микро- и наносистемной техники» очной формы обучения [Электронный ресурс] - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 42 с.
10. 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.

Лабораторные работы проводятся в учебно-научных лабораториях кафедры ФТТ, оснащенных необходимым оборудованием и приборами (020, 024, 026а)

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

По дисциплине «Основы магнетизма» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, проводится самостоятельная работа студентов.

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 магнитных материалов. Занятия проводятся в режиме диалога и обсуждения наиболее сложных вопросов в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ, и направлены на приобретения знаний в области исследования основных магнитных характеристик материалов и определения их численных значений.

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

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 занятие	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных работ для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, разобраться по методическому указанию, что и с какой целью предстоит делать на лабораторной работе.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

	<ul style="list-style-type: none">- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;- работа над темами для самостоятельного изучения;- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;- подготовка к промежуточной аттестации
Подготовка к промежуточной аттестации	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.