

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 13.09.2023 12:49:42

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 1 (1.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | УП | РП | УП | РП |
| Неделя | 18 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Практические | 26 | 26 | 26 | 26 |
| Итого ауд. | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Контактная работа | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Сам. работа | 93 | 93 | 93 | 93 |
| Часы на контроль | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Итого | 180 | 180 | 180 | 180 |

Программу составил(и):

кфмн, Доцент, Морченко Александр Тимофеевич

Рабочая программа

Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-23-1.plx Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 29.06.2022 г., №10

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

| | |
|-----|---|
| 1.1 | Отразить последние достижения в учении о магнетизме конденсированного состояния вещества, их роль в создании новых функциональных магнитных материалов, расширяющих возможности построения перспективных элементов и устройств магнитной электроники, нанoeлектроники и микросистемной техники. Сформировать представления о современном состоянии физики магнитных явлений, классификации видов магнетизма конденсированных сред, в том числе низкоразмерных объектов различной топологии, разбавленных и гетерогенных систем, о механизмах их перемагничивания, об особенностях магнитных явлений и процессов в этих системах и магнитодинамике в переменных магнитных полях. |
| 1.2 | продемонстрировать примеры использования явлений и процессов, имеющих место в магнитоупорядоченных телах со сложной структурой с учетом размерного фактора, в современных устройствах магнитоэлектроники, спинтроники, микро- и наносистемах. |
| 1.3 | Подготовить основу для освоения курсов физики ферритов, электродинамики гиромангнитных сред, технологии материалов и элементов спинтроники и спин-волновой электроники, физики и техники магнитной записи, магнитных материалов для микро- и нанотехники, радиопоглощающих и радиоотражающих материалов. |

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| Блок ОП: | | Б1.В |
|------------|---|------|
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Высоковакуумное оборудование в технологии нано- и микросистем | |
| 2.2.2 | Компьютерные технологии в научных исследованиях | |
| 2.2.3 | Магнитные материалы для микро- и наносистем | |
| 2.2.4 | Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники | |
| 2.2.5 | Методы исследования материалов | |
| 2.2.6 | Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур | |
| 2.2.7 | Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 2 | |
| 2.2.8 | Научно-исследовательская практика | |
| 2.2.9 | Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2 | |
| 2.2.10 | Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники | |
| 2.2.11 | Металлуглеродные композиционные наноматериалы | |
| 2.2.12 | Методы синтеза углеродных наноматериалов | |
| 2.2.13 | Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии | |
| 2.2.14 | Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (английский язык) | |
| 2.2.15 | Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (немецкий язык) | |
| 2.2.16 | Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (французский язык) | |
| 2.2.17 | Приборы и устройства магнитоэлектроники | |
| 2.2.18 | Процессы получения наночастиц и наноматериалов | |
| 2.2.19 | Технологии получения материалов | |
| 2.2.20 | Электреты, мультиферроики, магнитоэлектрические явления | |
| 2.2.21 | Элионная технология в микро- и наноиндустрии | |
| 2.2.22 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.23 | Преддипломная практика | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях

Знать:

ОПК-1-31 Иметь общеинженерные и естественнонаучные знания в области физики твердого тела, основ магнетизма

ОПК-1-32 Обладать знаниями в области обработки данных с помощью пакетов прикладных программ, методов статистического анализа и моделирования

| |
|---|
| ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники |
| Знать: |
| ПК-4-31 - физические свойства магнитных систем различной размерности, влияния понижения размерности на физические явления в микро- и наносистемах для их использования в соответствии с тенденциями и перспективами развития соответствующих отраслей техники |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий |
| Знать: |
| УК-1-33 - физические явления, определяющие работу приборов и устройств магнитной электроники, наноэлектроники и микросистемной техники; |
| УК-1-32 - взаимосвязь между положением химического элемента в периодической системе, строением его электронных оболочек и магнетизмом атомов (ионов) |
| УК-1-31 - классификацию магнитных веществ по различным признакам (структурное состояние, вид магнетизма (слабо- и сильномагнитные вещества с различной внутренней магнитной структурой), подразделение на магнитомягкие и магнитотвердые магнетики); |
| ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники |
| Уметь: |
| ПК-4-У1 формулировать цели и задачи научных исследований |
| ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях |
| Уметь: |
| ОПК-1-У1 решать задачи в области профессиональной деятельности |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий |
| Уметь: |
| УК-1-У1 - представлять результаты исследований, расчетов в виде научных отчетов и презентаций |
| ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники |
| Владеть: |
| ПК-4-В1 - навыками логического, творческого и системного мышления при изучении физических явлений в изделиях электроники и микроэлектроники; |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий |
| Владеть: |
| УК-1-В1 - основными программными продуктами для представления полученных результатов |
| ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 методами математического анализа и моделирования |

ОПК-1-В2 навыками профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|--|---------------------------------|------------|----|--------------------|
| | Раздел 1. Магнетизм микрочастиц и атомных магнитных систем | | | | | | | |
| 1.1 | Учение о магнетизме с древнейших времен до наших дней. Аналогии и связи в электричестве и магнетизме. Уравнения Максвелла и монополю Дирака. Магнетизм микрочастиц и электронной оболочки атома: векторная модель /Лек/ | 1 | 3 | УК-1-32 ОПК-1-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 1.2 | Магнетизм микрочастиц и атомных магнитных систем /Пр/ | 1 | 4 | УК-1-В1 ПК-4-В1 | Л1.2Л2.1Л3.4 Э1 | | | |
| 1.3 | Магнетизм микрочастиц и атомных магнитных систем /Ср/ | 1 | 12 | УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-32 | Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.4 Э1 | | | |
| | Раздел 2. Виды магнетизма в твердых телах. Классификация магнетиков. Основные виды взаимодействий в магнетиках | | | | | | | |
| 2.1 | Виды магнетизма. Классификация магнетиков. Системы физических величин в области физики магнитных явлений /Лек/ | 1 | 2 | УК-1-31 ОПК-1-31 | Л3.1 Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.5 Э1 | | | |
| 2.2 | Энергия взаимодействий различного типа в магнетиках. Обменное взаимодействие. Взаимодействие с внешним магнитным полем /Лек/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 | Л3.1 Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.6 Э1 | | | |
| 2.3 | Размагничивающее поле. Магнитостатическая энергия. Анизотропия формы /Лек/ | 1 | 2 | УК-1-32 | Л3.1 Л1.2Л3.10 Э1 | | | |
| 2.4 | Магнитоупругое взаимодействие и магнитострикция. Магнитокристаллическая анизотропия. Однонаправленная анизотропия. Наведенная анизотропия. /Лек/ | 1 | 3 | УК-1-32 | Л3.1 Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.6 Э1 | | | |
| 2.5 | Энергия, связанная с магнитным состоянием твердых тел. определение равновесного состояния в магнитных системах /Пр/ | 1 | 7 | УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-В1 | Л3.1 Л1.2Л3.4Л3.6 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|---------------------------------|---|--|--|--|
| 2.6 | Виды магнетизма в твердых телах. Классификация магнетиков. Основные виды взаимодействий в магнетизме /Ср/ | 1 | 35 | УК-1-У1 УК-1-В1 | ЛЗ.1 Л1.2Л2.1ЛЗ. 8 Э1 | | | |
| | Раздел 3. Доменная структура и процессы перемагничивания. Магнитодинамика и магнитооптика | | | | | | | |
| 3.1 | Доменная структура магнитоупорядоченных тел /Лек/ | 1 | 3 | УК-1-31 | ЛЗ.1 Л1.2Л2.1 ЛЗ.4Л1.1 Э1 | | | |
| 3.2 | Процессы перемагничивания. Магнитодинамика /Лек/ | 1 | 3 | УК-1-33 ПК-4-31 | ЛЗ.1 Л1.2Л2.2ЛЗ. 10 Э1 | | | |
| 3.3 | Магнитооптические явления /Лек/ | 1 | 1 | УК-1-33 ПК-4-31 | ЛЗ.1ЛЗ.6Л2. 1 Э1 | | | |
| 3.4 | Магнитные резонансы /Лек/ | 1 | 2 | УК-1-33 ПК-4-31 | Л1.2Л2.1ЛЗ. 10 Э1 | | | |
| 3.5 | Основные виды и характеристики доменной структуры магнетиков /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1 | ЛЗ.1 Л1.2ЛЗ.4Л2. 1 Э1 | | | |
| 3.6 | Динамика процессов перемагничивания /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1 | ЛЗ.1ЛЗ.5ЛЗ. 10 Э1 | | | |
| 3.7 | Магнитооптические явления и их применение /Пр/ | 1 | 1 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | ЛЗ.1ЛЗ.6ЛЗ. 9 Э1 | | | |
| 3.8 | Магнетики в переменных полях. Магнитные резонансы /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1 | ЛЗ.1 Л1.2ЛЗ.4ЛЗ. 10 Э1 | | | |
| 3.9 | Доменная структура и процессы перемагничивания. Магнитодинамика и магнитооптика /Ср/ | 1 | 25 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | ЛЗ.1 Л1.2ЛЗ.4 ЛЗ.6ЛЗ.10 Э1 | | | |
| | Раздел 4. Магнетизм низкоразмерных, разбавленных и гетерогенных систем | | | | | | | |
| 4.1 | Системы пониженной размерности /Лек/ | 1 | 2 | УК-1-33 ПК-4-31 | ЛЗ.1Л1.1ЛЗ. 9 Э1 | | | |
| 4.2 | Магнетизм разбавленных и гетерогенных сред /Лек/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-33 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.1 ЛЗ.5Л2.1ЛЗ. 10 Э1 | | | |
| 4.3 | Критические размеры в магнетизме. Магнитное состояние однодоменных частиц и суперпарамагнетизм /Пр/ | 1 | 4 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1 | ЛЗ.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 ЛЗ.8ЛЗ.10 Э1 | | | |
| 4.4 | Магнетизм разбавленных систем /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.1 ЛЗ.5Л2.1 ЛЗ.9ЛЗ.10 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|-------------------------|--|--|--|--|
| 4.5 | Магнетизм гетерогенных сред /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.1 Л2.2Л3.9Л2.1 Э1 | | | |
| 4.6 | Магнетизм низкоразмерных, разбавленных и гетерогенных систем /Ср/ | 1 | 21 | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1 | Л3.1 Л1.2 Л3.5 Л2.2Л2.1 Л2.1 Л3.8 Л3.9Л1.1 Э1 | | | |

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|--------|-------------------------|--|--|
| КМ1 | Экзамен | УК-1-31;УК-1-32;УК-1-33;УК-1-У1;УК-1-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Природа магнетизма, магнитный момент, намагниченность 2. Аналогии и связи в электричестве и магнетизме. 3. Уравнения Максвелла и монополь Дирака. 4. Магнетизм микрочастиц и электронной оболочки атома: векторная модель 5. Правила Хунда 6. Типы (виды) магнетизма и магнитных веществ (их классификация) 7. Диамагнетизм и парамагнетизм 8. Основные виды взаимодействий (явлений), связанных с магнитным состоянием вещества (характерная энергия этих взаимодействий) 9. Обменное взаимодействие и магнитоупорядоченное состояние в веществе 10. Ферромагнетизм и ферромагнетики 11. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм, слабый ферромагнетизм 12. Неколлинеарные магнитные структуры и системы 13. Аморфный магнетизм 14. Процессы намагничивания, петля гистерезиса 15. Перемагничивание магнетиков, петля гистерезиса и ее основные параметры 16. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость 17. Основные характеристики магнитных веществ (намагниченность, магнитная анизотропия, размагничивающее поле (анизотропия формы), коэрцитивная сила) 18. Влияние формы тела на кривую намагничивания, размагничивающий фактор 19. Температурная зависимость намагниченности в магнетиках, критические температуры 20. Доменная структура, виды доменов 21. Классификация доменов и доменных стенок 22. Равновесные (стационарные) состояния в однородно |

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Домашняя работа №1 (УК-4-У1, УК-1-У1, УК-4-В1, УК-4-В2, УК-4-В3, УК-1-В1, ПК-4-В1)

По результатам каждого практического занятия проводятся контрольные мероприятия (УК-1-У1, УК-4-В3, ПК-4-В1)

Примеры задач для контрольных мероприятий:

1. Рассчитайте факторы спектроскопического расщепления для основного состояния ионов Gd^{3+} , Nd^{3+} и их магнитные моменты, пользуясь данными таблицы Менделеева и электронной конфигурацией электронной оболочки.
2. Сильно вытянутая вдоль оси z осесимметричная однодоменная частица, изготовленная из ферромагнитного материала со значениями намагниченности насыщения и константы одноосной магнитной анизотропии, равными M и K_u соответственно, помещена в магнитное поле напряженностью H , направленное вдоль оси y . Направление оси легкого намагничивания совпадает с осью y . Определить равновесную ориентацию вектора магнитного момента частицы (θ, φ) . Нарисовать графики энергии частицы и полярного угла θ как функции внешнего поля: $E(H)$, $\sin \theta(H)$, $\theta(H)$.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического вопроса и двух задач. В билете приводятся типовые задачи, которые решались на практических занятиях в течение семестра. Билеты хранятся на кафедре.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Контроль качества освоения дисциплины (модуля) включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля), промежуточная аттестация обучающихся - оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (модулю).

Текущий контроль успеваемости включает в себя задания для самостоятельного выполнения и контрольные мероприятия по их проверке.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|---------------------------------|---|------------------------|---|
| Л1.1 | Крупичка С. | Физика ферритов и родственных им магнитных окислов | Электронная библиотека | Москва: Мир, 1976 |
| Л1.2 | Боровик Е. С., Мильнер А. С. | Лекции по магнетизму: учеб. пособие для физ. спец. ун-тов | Библиотека МИСиС | Харьков: Гос. ун-т им. А. М. Горького, 1966 |

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|--|------------------------|------------------------|
| Л2.1 | Кекало И. Б., Шуваева Е. А. | Аморфные нано- и микрокристаллические магнитные материалы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2008 |
| Л2.2 | Тарасов В. П., Криволапова О. Н., Дубынина Л. В. | Свойства аморфных ферромагнитных микропроводов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия' | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |

6.1.3. Методические разработки

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|---|--|------------------------|--------------------------------------|
| Л3.1 | Кринчик Г. С. | Физика магнитных явлений | Электронная библиотека | Москва: Московский университет, 1976 |
| Л3.2 | Крупичка С. | Физика ферритов и родственных им магнитных окислов | Электронная библиотека | Москва: Мир, 1976 |
| Л3.3 | Вонсовский С. В. | Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография | Электронная библиотека | Москва: Наука, 1971 |
| Л3.4 | Киттель Ч., Гусев А. А. | Введение в физику твердого тела: учеб. руководство | Библиотека МИСиС | М.: МедиаСтар, 2006 |
| Л3.5 | Летюк Л. М., Костишин В. Г., Гончар А. В. | Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2005 |
| Л3.6 | Крутогин Д. Г. | Элементы и устройства магнитоэлектроники: Разд.: Магнитоотрицательные и магнитооптические устройства: Курс лекций для студ. спец. 0643 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1985 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------|--|--|------------------|-------------------|
| ЛЗ.7 | Летюк Л. М., Морченко А. Т., Захаров Н. А. | Материаловедение ферритов. Разделы: Процессы выращивания эпитаксиальных ферритовых пленок. Подложечные материалы, их особенности и области применения: Учеб. пособие для студ. спец. 0643 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1986 |
| ЛЗ.8 | Летюк Л. М., Ануфриев А. Н., Морченко А. Т. | Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1986 |
| ЛЗ.9 | Кекало И. Б. | Нанокристаллические магнитно-мягкие материалы: курс лекций для студ. физ.- хим. фак-та | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1999 |
| ЛЗ.10 | Канева И. И., Крутогин Д. Г., Андреев В. Г., Летюк Л. М., Летюк Л. М. | Ферритовые материалы и компоненты магнитоэлектроники: практикум | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2005 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|----------|-------------|
| Э1 | eLibrary | eLibrary.ru |
|----|----------|-------------|

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|------------------------------|
| П.1 | Win Pro 10 32-bit/64-bit |
| П.2 | Microsoft Office |
| П.3 | CAD |
| П.4 | Microsoft Visual Studio 2015 |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|---|
| И.1 | ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (http://biblioclub.ru/) |
| И.2 | Электронно-библиотечная система Издательства Лань (https://e.lanbook.com/) |
| И.3 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru/) |
| И.4 | Scopus (www.scopus.com) |

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение | Оснащение |
|---------------------------------------|--|--|
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Читальный зал электронных ресурсов | | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Формами работы в аудитории являются лекции и практические занятия. Чтение лекций проводится как в классической форме, так и с использованием мультимедийных презентаций и смешанных форматов подачи лекционного материала. Презентация позволяет иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, которые есть в литературе, но и демонстрациями работы программ расчета параметров магнитных систем в реальном времени. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к итоговому контролю. В случае проведения мероприятий в форме совместного очно-дистанционного обучения студентов,

одновременно присутствующих в аудитории и находящихся онлайн, имеется возможность скачивания видеозаписи занятия. При проведении практических занятий преподавателю рекомендуется не менее 1 часа из двух (50% времени) отводить на самостоятельное решение задач. Практические занятия целесообразно строить следующим образом:

- вводное выступление преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены);
- решение типовых задач преподавателем с привлечением студентов к участию в обсуждении путей решения;
- самостоятельное решение расширенной задачи с демонстрацией студентами вариантов решений у доски и/или на компьютере;
- выполнение индивидуальных заданий в аудитории для студентов продвинутого уровня.

Для усвоения материала необходимо выполнить дополнительные задания для самостоятельного решения.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине преподавателю рекомендуется использовать следующие ее формы:

- выполнение домашних заданий разнообразного характера. Это – разработка алгоритмов, подбор и изучение литературных источников, поиск фактических данных, необходимых для решения задач; подбор иллюстративного и описательного материала по отдельным разделам курса в сети Интернет;
- выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы.

Индивидуальные задания могут получать как каждый студент, так и все студенты группы.

Консультации могут проводиться в т.ч. с использованием интернет-технологий: e-mail, Skype, MS Teams (в частности, в форме видеоконференций), организации рабочей группы в социальной сети и других форм взаимодействия (телефон, Viber, WhatsApp, etc.)

Лекции должны носить установочный и обзорный характер. Студент знакомится с общей проблематикой и терминологией (в том числе и на английском языке), основными положениями рассматриваемой темы. При представлении материала рекомендуется использовать презентации, подготовленные в PowerPoint. Слайды должны носить иллюстративный характер и не должны излишне перегружаться текстом и стандартными математическими преобразованиями.

По окончании изложения лекционного материала обозначается перечень тем практических занятий, посвященных рассмотренным вопросам, указывается график их рассмотрения и рекомендованная дополнительная литература для углубленного изучения проблемы.

К моменту проведения практического занятия студент должен изучить материалы по заявленной теме на уровне понимания, в рамках источников, предложенных лектором, или по выбору студента. В частности, для углубленного освоения отдельных вопросов по всем разделам программы весьма целесообразно руководствоваться следующими учебниками, написанными сотрудниками кафедры Технологии материалов электроники:

Физика магнитных явлений в твердых телах // Л.М. Летюк, М.Н. Шипко, А.Т. Морченко и др. (шифр П-6 Ф-503): Т.1, 1995; Т.2, 1996.

Практические занятия проводятся в форме диалога между студентом и преподавателем, и призваны формировать у студентов углубленное понимание как общих, так и частных вопросов физики магнитных явлений как в объемных сплошных телах, так и в разбавленных и низкоразмерных системах, гетерогенных средах и структурах, а также возможности построения приборов в интегральном исполнении, нано- и микроустройств на их основе. В первую очередь преподаватель должен поинтересоваться, все ли аспекты рассматриваемой проблемы изложены понятно и ответить на вопросы студентов, а затем, беседуя с аудиторией, выяснить правильность, целостность и логическую стройность сформировавшихся у студентов представлений и, в случае необходимости, устранить пробелы и скорректировать складывающуюся картину.

В процессе проведения практического занятия студенты должны в краткой письменной форме зафиксировать суть рассмотренных задач и методов их решения.

При выполнении заданий, связанных с компьютерным моделированием в рамках представлений физики магнетизма рекомендуется использовать Excel, Mathcad и т.п. программные продукты.