

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.07.2023 15:40:35

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

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Материалы и технологии магнитоэлектроники

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<br>(<Курс>.<Семестр на<br>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 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, 11.04.04-МЭН-22-1.plx Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

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, наноэлектроники 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 |
|------------|---|------|
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |      |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |      |
| 2.2.1      | Компьютерные технологии в научных исследованиях   |      |
| 2.2.2      | Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники   |      |
| 2.2.3      | Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники                                  |      |
| 2.2.4      | Методы исследования материалов  |      |
| 2.2.5      | Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур  |      |
| 2.2.6      | Научно-исследовательская практика   |      |
| 2.2.7      | Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2                                       |      |
| 2.2.8      | Физико-химия и технология наноструктур  |      |
| 2.2.9      | Высоковакуумное оборудование  |      |
| 2.2.10     | Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии   |      |
| 2.2.11     | Наноструктурированные покрытия, порошки и технологии их получения   |      |
| 2.2.12     | Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (английский язык)                  |      |
| 2.2.13     | Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (немецкий язык)                    |      |
| 2.2.14     | Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (французский язык)                 |      |
| 2.2.15     | Приборы и устройства магнитоэлектроники   |      |
| 2.2.16     | Проектирование и технология электронной компонентной базы   |      |
| 2.2.17     | Радиационно-технологические процессы в электронике  |      |
| 2.2.18     | Технологии получения материалов   |      |
| 2.2.19     | Физика и техника магнитной записи   |      |
| 2.2.20     | Электретные и магнитоэлектрические материалы и технологии их получения  |      |
| 2.2.21     | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |      |
| 2.2.22     | Преддипломная практика  |      |

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

|   |
|---|
| <b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b> |
| <b>Знать:</b>   |
| 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  |

|   |
|---|
| <b>ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники</b>    |
| <b>Знать:</b>   |
| 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   |
| <b>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</b> |
| <b>Знать:</b>   |
| УК-1-33 - физические явления, определяющие работу приборов и устройств магнитной электроники, нанoeлектроники 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);  |
| <b>ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники</b>    |
| <b>Уметь:</b>   |
| ПК-4-У1 формулировать цели и задачи научных исследований  |
| <b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>   |
| <b>Уметь:</b>   |
| ОПК-1-У1 решать задачи в области профессиональной деятельности  |
| <b>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</b> |
| <b>Уметь:</b>   |
| УК-1-У1 - представлять результаты исследований, расчетов в виде научных отчетов и презентаций   |
| <b>ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники</b>    |
| <b>Владеть:</b>   |
| ПК-4-В1 - навыками логического, творческого и системного мышления при изучении физических явлений в изделиях электроники и микroeлектроники;  |
| <b>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</b> |
| <b>Владеть:</b>   |
| УК-1-В1 - основными программными продуктами для представления полученных результатов  |
| <b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>   |
| <b>Владеть:</b>   |
| 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 |
|-------------|--|----------------|-------|--|---------------------------------|------------|----|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Магнетизм микрочастиц и атомных магнитных систем</b>  |                |       |  |                                 |            |    |                    |
| 1.1         | Учение о магнетизме с древнейших времен до наших дней.<br>Аналогии и связи в электричестве и магнетизме.<br>Уравнения Максвелла и монополю Дирака.<br>Магнетизм микрочастиц и электронной оболочки атома: векторная модель /Лек/ | 1              | 3     | УК-1-32 ОПК-1-31                           | Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.1<br>Э1      |            |    |                    |
| 1.2         | Магнетизм микрочастиц и атомных магнитных систем /Пр/  | 1              | 4     | УК-1-В1 ПК-4-В1                            | Л1.2Л2.1Л3.4<br>Э1              |            |    |                    |
| 1.3         | Магнетизм микрочастиц и атомных магнитных систем /Ср/  | 1              | 12    | УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-32                   | Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.4<br>Э1      |            |    |                    |
|             | <b>Раздел 2. Виды магнетизма в твердых телах. Классификация магнетиков. Основные виды взаимодействий в магнетиках</b>  |                |       |  |                                 |            |    |                    |
| 2.1         | Виды магнетизма.<br>Классификация магнетиков.<br>Системы физических величин в области физики магнитных явлений /Лек/   | 1              | 2     | УК-1-31 ОПК-1-31                           | Л3.1 Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.5<br>Э1 |            |    |                    |
| 2.2         | Энергия взаимодействий различного типа в магнетиках.<br>Обменное взаимодействие.<br>Взаимодействие с внешним магнитным полем /Лек/   | 1              | 2     | УК-1-31 УК-1-32                            | Л3.1 Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.6<br>Э1 |            |    |                    |
| 2.3         | Размагничивающее поле.<br>Магнитостатическая энергия. Анизотропия формы /Лек/  | 1              | 2     | УК-1-32                                    | Л3.1<br>Л1.2Л3.10<br>Э1         |            |    |                    |
| 2.4         | Магнитоупругое взаимодействие и магнитострикция.<br>Магнитокристаллическая анизотропия.<br>Однонаправленная анизотропия.<br>Наведенная анизотропия. /Лек/  | 1              | 3     | УК-1-32                                    | Л3.1 Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.6<br>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<br>Л1.2Л3.4Л3.6<br>Э1      |            |    |                    |

|     |   |   |    |                                 |   |  |  |  |
|-----|---|---|----|---------------------------------|---|--|--|--|
| 2.6 | Виды магнетизма в твердых телах. Классификация магнетиков. Основные виды взаимодействий в магнетизме /Ср/ | 1 | 35 | УК-1-У1 УК-1-В1                 | Л3.1<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>8<br>Э1              |  |  |  |
|     | <b>Раздел 3. Доменная структура и процессы перемагничивания. Магнитодинамика и магнитооптика</b>          |   |    |                                 |   |  |  |  |
| 3.1 | Доменная структура магнитоупорядоченных тел /Лек/   | 1 | 3  | УК-1-31                         | Л3.1<br>Л1.2Л2.1<br>Л3.4Л1.1<br>Э1          |  |  |  |
| 3.2 | Процессы перемагничивания. Магнитодинамика /Лек/  | 1 | 3  | УК-1-33 ПК-4-31                 | Л3.1<br>Л1.2Л2.2Л3.<br>10<br>Э1             |  |  |  |
| 3.3 | Магнитооптические явления /Лек/   | 1 | 1  | УК-1-33 ПК-4-31                 | Л3.1Л3.6Л2.<br>1<br>Э1                      |  |  |  |
| 3.4 | Магнитные резонансы /Лек/   | 1 | 2  | УК-1-33 ПК-4-31                 | Л1.2Л2.1Л3.<br>10<br>Э1                     |  |  |  |
| 3.5 | Основные виды и характеристики доменной структуры магнетиков /Пр/   | 1 | 2  | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1         | Л3.1<br>Л1.2Л3.4Л2.<br>1<br>Э1              |  |  |  |
| 3.6 | Динамика процессов перемагничивания /Пр/  | 1 | 2  | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1         | Л3.1Л3.5Л3.<br>10<br>Э1                     |  |  |  |
| 3.7 | Магнитооптические явления и их применение /Пр/  | 1 | 1  | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л3.1Л3.6Л3.<br>9<br>Э1                      |  |  |  |
| 3.8 | Магнетики в переменных полях. Магнитные резонансы /Пр/  | 1 | 2  | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1         | Л3.1<br>Л1.2Л3.4Л3.<br>10<br>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 | Л3.1<br>Л1.2Л3.4<br>Л3.6Л3.10<br>Э1         |  |  |  |
|     | <b>Раздел 4. Магнетизм низкоразмерных, разбавленных и гетерогенных систем</b>                             |   |    |                                 |   |  |  |  |
| 4.1 | Системы пониженной размерности /Лек/  | 1 | 2  | УК-1-33 ПК-4-31                 | Л3.1Л1.1Л3.<br>9<br>Э1                      |  |  |  |
| 4.2 | Магнетизм разбавленных и гетерогенных сред /Лек/  | 1 | 2  | УК-1-31 УК-1-33 ПК-4-31         | Л1.1 Л1.1<br>Л3.5Л2.1Л3.<br>10<br>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         | Л3.1<br>Л1.2Л2.1<br>Л2.1<br>Л3.8Л3.10<br>Э1 |  |  |  |
| 4.4 | Магнетизм разбавленных систем /Пр/  | 1 | 2  | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1         | Л1.1 Л1.1<br>Л3.5Л2.1<br>Л3.9Л3.10<br>Э1    |  |  |  |

|     |   |   |    |                         |  |  |  |  |
|-----|---|---|----|-------------------------|--|--|--|--|
| 4.5 | Магнетизм гетерогенных сред /Пр/                                  | 1 | 2  | УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.1<br>Л2.2Л3.9Л2.1<br>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<br>Л3.5<br>Л2.2Л2.1<br>Л2.1 Л3.8<br>Л3.9Л1.1<br>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-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ПК-4-В1;ПК-4-31;ОПК-1-32;ПК-4-У1 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Природа магнетизма, магнитный момент, намагниченность</li> <li>2. Аналогии и связи в электричестве и магнетизме.</li> <li>3. Уравнения Максвелла и монополь Дирака.</li> <li>4. Магнетизм микрочастиц и электронной оболочки атома: векторная модель</li> <li>5. Правила Хунда</li> <li>6. Типы (виды) магнетизма и магнитных веществ (их классификация)</li> <li>7. Диамагнетизм и парамагнетизм</li> <li>8. Основные виды взаимодействий (явлений), связанных с магнитным состоянием вещества (характерная энергия этих взаимодействий)</li> <li>9. Обменное взаимодействие и магнитоупорядоченное состояние в веществе</li> <li>10. Ферромагнетизм и ферромагнетики</li> <li>11. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм, слабый ферромагнетизм</li> <li>12. Неколлинеарные магнитные структуры и системы</li> <li>13. Аморфный магнетизм</li> <li>14. Процессы намагничивания, петля гистерезиса</li> <li>15. Перемагничивание магнетиков, петля гистерезиса и ее основные параметры</li> <li>16. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость</li> <li>17. Основные характеристики магнитных веществ (намагниченность, магнитная анизотропия, размагничивающее поле (анизотропия формы), коэрцитивная сила)</li> <li>18. Влияние формы тела на кривую намагничивания, размагничивающий фактор</li> <li>19. Температурная зависимость намагниченности в магнетиках, критические температуры</li> <li>20. Доменная структура, виды доменов</li> <li>21. Классификация доменов и доменных стенок</li> <li>22. Равновесные (стационарные) состояния в однородно</li> </ol> |

#### 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  $(\theta, \varphi)$ . Нарисовать графики энергии частицы и полярного угла  $\theta$  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.,<br>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.,<br>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.,<br>Криволапова О. Н.,<br>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.,<br>Костишин В. Г.,<br>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.,<br>Морченко А. Т.,<br>Захаров Н. А.                               | Материаловедение ферритов.<br>Разделы: Процессы<br>выращивания<br>эпитаксиальных ферритовых<br>пленок. Подложечные<br>материалы, их особенности и<br>области применения: Учеб.<br>пособие для студ. спец. 0643 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1986   |
| ЛЗ.8  | Летюк Л. М.,<br>Ануфриев А. Н.,<br>Морченко А. Т.                              | Физика магнитных<br>материалов: Лаб. практикум<br>для студ. спец. 0648   | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1986   |
| ЛЗ.9  | Кекало И. Б.   | Нанокристаллические<br>магнитно-мягкие материалы:<br>курс лекций для студ. физ.-<br>хим. фак-та  | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1999   |
| ЛЗ.10 | Канева И. И.,<br>Крутогин Д. Г.,<br>Андреев В. Г., Летюк<br>Л. М., Летюк Л. М. | Ферритовые материалы и<br>компоненты<br>магнитоэлектроники:<br>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» ( <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> )             |
| И.2 | Электронно-библиотечная система Издательства Лань ( <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> ) |
| И.3 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ( <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> )              |
| И.4 | Scopus ( <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a> )   |

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд.                                  | Назначение   | Оснащение  |
|---------------------------------------|--|--|
| Любой корпус<br>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<br>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<br>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.