

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 14:31:40

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 2

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

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя			
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	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*кфмн, Доцент, Морченко Александр Тимофеевич*

Рабочая программа

**Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2**

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-23-1.plx Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, Материалы и технологии магнитоэлектроники, 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
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.2	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.3	Методы математического моделирования	
2.1.4	Основы технологии углеродных наноматериалов	
2.1.5	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.6	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1	
2.1.7	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования	
2.1.8	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Высоковакуумное оборудование	
2.2.2	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии	
2.2.3	Наноструктурированные покрытия, порошки и технологии их получения	
2.2.4	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (английский язык)	
2.2.5	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (немецкий язык)	
2.2.6	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (французский язык)	
2.2.7	Приборы и устройства магнитоэлектроники	
2.2.8	Проектирование и технология электронной компонентной базы	
2.2.9	Радиационно-технологические процессы в электронике	
2.2.10	Технологии получения материалов	
2.2.11	Физика и техника магнитной записи	
2.2.12	Электретные и магнитоэлектрические материалы и технологии их получения	
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.14	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, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов
<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 микроэлектроники;
<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 Владеть методами математического анализа и моделирования
<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

## 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. Феномен магнетизма и магнитные явления</b>							
1.1	Природа магнетизма: уравнения Максвелла, магнитные заряды и монополю Дирака /Лек/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.1Л3. 3 Э2			
1.2	Системы физических величин в области физики магнитных явлений /Лек/	2	1	УК-1-32 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.3Л2.3Л3. 6 Э1			
1.3	Природа магнитоупорядоченного состояния: феноменологический подход в рамках эффективного поля в учении о магнетизме. Понятия молекулярного поля Вейсса и эффективного поля магнитной анизотропии. Ферро-, ферри- и антиферромагнетизм. Точка Кюри, температура Нееля и температура компенсации. Сходства и различия. Эффективное поле в теории ферримагнетизма. /Лек/	2	4	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.1Л3. 5 Э2			
1.4	Магнитодипольные взаимодействия /Лек/	2	2	УК-1-32	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.1Л3. 5 Э1			
1.5	Магнитоупругая энергия. Природа магнитострикции и магнитной анизотропии. Одноионная анизотропия /Лек/	2	2	УК-1-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3Л2.1Л3. 4 Э1			
1.6	Расчет энергии взаимодействия магнитных диполей (частиц) при их различном взаимном расположении в пространстве. Энергия взаимодействия с внешним полем (Зееманова энергия). Сравнение с характерной энергией обменного взаимодействия. /Пр/	2	3	УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-31	Л1.1 Л1.3Л2.2Л3. 4 Э2			

1.7	Аналитическое определение экстремумов энергии магнитокристаллической анизотропии в кристаллах с кубической и гексагональной структурой. Расчет поля анизотропии в зависимости от кристаллографического направления в веществе. Расчет параметров наведенной магнитоупругой анизотропии на примере гетерогенных одномерных и двумерных систем. /Пр/	2	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.3Л2.1Л3.4 Э1			
1.8	Расчеты характерных уровней энергетической поверхности в зависимости от направления намагниченности в однородно намагниченной частице (согласно варианту первой части курса). Поиск оптимальных путей преодоления энергетических барьеров (седловых точек) профиля и достижения уровня глобального максимума энергии. /Ср/	2	18	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.3Л3.5 Э2			
1.9	Обсуждение расчетов энергетического профиля частицы (дискуссия по результатам выполнения вариантов домашней работы) /Пр/	2	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3Л2.3Л3.1 Э1			
1.10	Решение задач по определению экстремумов энергии магнитной анизотропии в кристаллических телах (аналитика и численные расчеты) /Ср/	2	9	УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.3 Л3.5Л2.1 Э2			
	<b>Раздел 2. Магнитные системы пониженной размерности</b>							
2.1	Размерный фактор в магнитоупорядоченных системах. Роль поверхности в формировании свойств вещества в 2D, 1D и нуль-мерных системах /Лек/	2	2	УК-1-31 ОПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л3.3Л1.1 Э1			
2.2	Нано- и микромагнетизм Квантово-статистический предел ферромагнетизма: минимальный размер магнитного кластера Многодоменное и однодоменное состояние Суперпарамагнетизм /Лек/	2	3	УК-1-33 ПК-4-31	Л1.3Л3.3Л3.6 Э2			

2.3	Магнитодинамика. Процессы релаксации и перемагничивания. Магнитные резонансы. Магнитооптика и намагничивание светом. /Лек/	2	4	УК-1-33 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-4-31	Л1.1 Л1.3Л3.4Л3. 6 Э1			
2.4	Многочастичные и гетерогенные системы в приближении эффективной среды и кристаллического поля Магнитоэлектрический эффект и мультиферроидные системы. /Лек/	2	3	УК-1-33 ПК-4-31	Л1.1Л2.3Л3. 5 Э2			
2.5	Оценка нижнего предела ферромагнетизма (для магнитной среды в соответствии с вариантом) ю Оценка соотношения между числом поверхностных и внутриобъемных атомов в кластерах, микро- и наночастицах. Основные характеристики магнитной доменной структуры. Критерии однодоменности. Суперпарамагнетизм. Точка Кюри и температура блокировки. Сходства и различия. /Пр/	2	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3Л3.3Л3. 5 Э1			
2.6	Магнитодинамика. Процессы релаксации и перемагничивания. Уравнение Ландау-Лифшица. Магнетики в переменных полях. Магнитные резонансы /Пр/	2	3	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3Л3.3Л3. 6 Э2			
2.7	Расчеты характерных параметров состояния ферромагнитной частицы в соответствии с заданием первой части учебного курса /Ср/	2	18	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3Л3.3 Л2.2Л3.6 Э1			
	<b>Раздел 3. Магнетизм разбавленных и гетерогенных систем</b>							
3.1	Магнетизм разбавленных и гетерогенных сред. Магнитные жидкости. /Лек/	2	2	УК-1-31 УК-1-33 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 5 Э1			
3.2	Магнетизм разбавленных систем /Пр/	2	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л3.5Л3.3 Э2			
3.3	Магнетизм гетерогенных сред /Пр/	2	3	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л3.5Л3. 6 Э1			

3.4	Подготовка отчета по работе о критериях магнетизма низкоразмерных систем и его защита /Ср/	2	12	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л3.4 Л2.3 Л3.5Л1.1 Э2			
-----	--	---	----	---	---	--	--	--

### 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	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-4-31;УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-33;УК-1-32;ОПК-1-В1;УК-1-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные соотношения в электромагнетизме. Уравнения Максвелла и материальные параметры среды</li> <li>2. Магнитные заряды в учении о магнетизме. Монополь Дирака</li> <li>3. Системы физических величин в области физики магнитных явлений</li> <li>4. Природа магнитоупорядоченного состояния и феноменологический подход в магнетизме</li> <li>5. Молекулярное поле Вейсса и эффективное поле магнитной анизотропии.</li> <li>6. Энергия магнитодипольных взаимодействий и размагничивающее поле</li> <li>7. Понятие магнитострикции и магнитной анизотропии. Одноионная анизотропия</li> <li>8. Возрастание роли поверхности в системах пониженной размерности</li> <li>9. Критические размеры в магнетизме</li> <li>10. Квантово-статистический предел размеров в ферромагнетизме: нижняя граница магнитоупорядоченного состояния</li> <li>11. Многодоменное и однодоменное состояние магнитной среды</li> <li>12. Суперпарамагнетизм</li> <li>13. Точка Кюри и температура блокировки</li> <li>14. Процессы релаксации и магнитные резонансы</li> <li>15. Разбавленные магнитные системы</li> <li>16. Гетерогенные магнитные среды и их эффективные параметры</li> <li>17. Магнитоэлектрический эффект и композиционные мультиферроики</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 z. 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 в процессе проверки выполнения домашних и самостоятельных работ  
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.

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.

Критерии оценки освоения учебного материала:

«отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

«хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и решении задач, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

«удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике.

«неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Кринчик Г. С.	Физика магнитных явлений	Электронная библиотека	Москва: Московский университет, 1976
Л1.2	Крупичка С.	Физика ферритов и родственных им магнитных окислов	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1976
Л1.3	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
Л1.4	Летюк Л. М., Костишин В. Г., Гончар А. В.	Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л1.5	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

##### 6.1.2. 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	Крутогин Д. Г.	Элементы и устройства магнитоэлектроники: Разд.: Магнитострикционные и магнитооптические устройства: Курс лекций для студ. спец.0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1985

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Летюк Л. М., Ануфриев А. Н., Морченко А. Т.	Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Крупичка С.	Физика ферритов и родственных им магнитных окислов	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1976
Л3.2	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферромагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
Л3.3	Киттель Ч., Гусев А. А.	Введение в физику твердого тела: учеб. руководство	Библиотека МИСиС	М.: МедиаСтар, 2006
Л3.4	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
Л3.5	Кекало И. Б.	Нанокристаллические магнитно-мягкие материалы: курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л3.6	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	E-library	<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Э2	Elsevier	<a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	MATCAD
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 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, ПКс 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, ПКс 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.