

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.04.2023 15:37:04

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)

# Physics & Engineering of magnetic nanomaterials, micro- and nanosystems / Физика и инженерия магнитных материалов, микро- и наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии,  
материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

6 ЗЕТ

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

54

курсовая работа 2

самостоятельная работа

126

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Лабораторные	36	36	36	36
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	126	99	126	99
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	189	216	189

Программу составил(и):

*кфмн, доцент, Морченко Александр Тимофеевич*

Рабочая программа

**Physics & Engineering of magnetic nanomaterials, micro- and nanosystems / Физика и инженерия магнитных материалов, микро- и наносистем**

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 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-22-2А.plx Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью освоения дисциплины «Physics & Engineering of magnetic nanomaterials, micro- and nanosystems» / «Физика и инженерия магнитных материалов, микро- и наносистем» является подготовка выпускников к научно-исследовательской деятельности при выполнении междисциплинарных проектов в области физики, материаловедения и технологии функциональных магнитных материалов, применяемых в магнитоэлектронике и микро- и наносистемной технике. Дисциплина призвана сформировать представления об использовании магнитных явлений, имеющих место в магнитоупорядоченных телах со сложной структурой, в устройствах магнитоэлектроники и спинтроники.
-----	---

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Innovative IT: Trends and Perspectives / Инновационные информационные технологии: тренды и перспективы	
2.1.2	Management of Quality / Менеджмент качества	
2.1.3	Metal-carbon nanocomposites/Металлугле-родные композиционные наноматериалы	
2.1.4	Project Management / Управление проектами	
2.1.5	Spintronics materials and devices / Материалы и элементы спинтроники	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Embedded systems and software engineering / Проектирование и программное обеспечение встроенных систем	
2.2.2	Material Selection / Выбор материалов	
2.2.3	Methods of mathematical modeling / Методы математического моделирования	
2.2.4	Micro and nano sensors/ Микро- и наносенсоры	
2.2.5	Simulation methods/ Моделирование и проектирование микро- и наносистем	
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<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-1-31 физические свойства электронных систем различной размерности, влияние понижения размерности на физические явления	
<b>ПК-4: Способен 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</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-32 текущий уровень развития электроники и наноэлектроники в сфере разработки многокомпонентных магнитных гетеро- и наноструктур с контролируемыми свойствами	
ПК-4-31 тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники	
<b>ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-34 Владеть методами сбора данных, изучения, анализа и обобщения научно-технической информации	
ПК-1-32 Методы физико-технологического моделирования	
ПК-1-31 Технический английский язык	
ПК-1-33 Мировой опыт развития технологических процессов изготовления наноэлектронного изделия и опыт разработки наноэлектронной элементной базы изделия	
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-2-31 современные данные в рамках предмета исследования	

<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-1-32 квантовые физические явления, определяющие работу приборов микро- и нанoeлектроники
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях
<b>ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 разрабатывать технологические процессы
<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 рассчитывать энергетические зависимости элементарных частиц и квантов исходя из их положение в объеме квантового объекта
<b>ПК-4: Способен 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</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 готовить методологическое обоснование научного исследования и технической разработки в области электроники и нанoeлектроники
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 умением прогнозировать поведение квантовых объектов в приборах твердотельной электроники и ИС
<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 стратегией действий
<b>ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 навыками самостоятельного приобретения новых знаний, организации научно-производственной деятельности, постановки целей, планирования, самоконтроля и оценки результатов своей деятельности
ПК-1-В2 навыками формулирования новых направлений научных исследований и разработок в области магнитоэлектроники и спинтроники
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Владеть:</b>
УК-2-В1 формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации
<b>ПК-4: Способен 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</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В2 навыками предлагать перспективные области научных исследований в области физики, химии и технологии ферритов, магнитных гетерокомпозиций и наноматериалов для устройств электроники и нанoeлектроники

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. Векторная модель и магнитный момент электронной оболочки атомов и ионов</b>							
1.1	Магнетизм микрочастиц. Строение атомной оболочки. Правила Хунда. Магнитный момент атома/иона /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.3 Э1 Э2			
1.2	Вычисление магнитных моментов атомов и ионов /Лаб/	2	4	УК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.1Л3.6 Э1			
1.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	2	8	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.4 Э1			
	<b>Раздел 2. Магнитоупорядоченное состояние вещества. Классификация магнетиков</b>							
2.1	Виды взаимодействий в магнетиках. Основные положения учения о магнито-упорядоченном состоянии вещества. Классификация магнетиков. /Лек/	2	1	УК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.5Л3.1 Э1			
2.2	Оценка энергий взаимодействия и их роль в магнитном упорядочении /Лаб/	2	4	УК-1-У1 ПК-4-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1	Л1.1Л3.1Л3.6 Э1			
2.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	2	8	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.5Л3.4 Э1			
	<b>Раздел 3. Кристаллохимия ферритов. Косвенное обменное взаимодействие</b>							
3.1	Кристаллохимия ферритов. Основные типы структур магнитных оксидов. Косвенное обменное взаимодействие. Твердые растворы ферритов. Формирование намагниченности материала. /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-32 ПК-1-31	Л1.1Л2.3 Л2.5Л3.4 Э1			
3.2	Расчет параметра решетки и магнитного момента элементарной ячейки ферритов /Лаб/	2	8	УК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.2Л3.6 Л3.7 Э3			
3.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	2	8	ПК-1-В1	Л1.1Л2.3 Л2.5Л3.9 Э4			
	<b>Раздел 4. Управление свойствами ферритов</b>							

4.1	Влияние замещений (разбавления) на магнитные характеристики ферритов. Температурная зависимость свойств ферритов. /Лек/	2	1	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.2Л2.5Л3.1 Э2			
4.2	Влияние катионных замещений на свойства объемных ферритов и эпитаксиальных пленок /Лаб/	2	6	УК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.2Л2.1Л3.6 Э3			
4.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	2	8	ПК-1-В1	Л1.2Л2.5Л3.9 Э4			
<b>Раздел 5. Магнитная анизотропия. Доменная структура в ферритах</b>								
5.1	Магнитная анизотропия и анизотропия формы. Магнитострикция. Доменная структура. /Лек/	2	1	УК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.5Л3.5 Э1			
5.2	Влияние катионных замещений на свойства объемных ферритов и эпитаксиальных пленок /Лаб/	2	4	УК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л3.4Л3.6 Э3			
5.3	Подготовка к лабораторной работе Подготовка и написание курсовой работы /Ср/	2	16	ПК-4-В1 ПК-4-В2 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.5Л3.2 Э4			Р1
<b>Раздел 6. Магнетизм объектов пониженной размерности</b>								
6.1	Тонкие магнитные пленки, провода, ультрадисперсные системы. Материалы спинтроники. Суперпарамагнетизм и наномагнетизм. /Лек/	2	1	УК-1-31 УК-1-32 ПК-1-31 ПК-1-33	Л1.3 Л1.4Л2.5Л2.1 Э2			
6.2	Расчет энергии в малых частицах, микропроводах и пленках ферритов /Лаб/	2	6	УК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.6 Л3.7 Э3			
6.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	2	20	ПК-4-В2 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.2 Э3			
<b>Раздел 7. Эффекты, связанные с магнитным состоянием вещества</b>								
7.1	Электрические, магнитооптические и гальваномагнитные явления. Гигантские эффекты: магниторезистивный, магнитооптический, магнитоимпедансный /Лек/	2	2	УК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1 Э3			
7.2	Моделирование композиционных радиопоглощающих материалов /Лаб/	2	4	УК-1-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.7 Э1			

7.3	Подготовка к лабораторной работе /Ср/	2	20	ПК-4-В2 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.2 Э4			
<b>Раздел 8. Композиционные и другие искусственные материалы с магнитным упорядочением</b>								
8.1	Поликристаллические и композиционные ферритовые материалы. Материалы спинтроники. Магнитные полупроводники и мультиферроики /Лек/	2	2	ПК-1-31 ПК-1-34	Л1.3 Л1.4Л2.4Л3.1 Э3 Э4			
8.2	Знакомство с методами исследования характеристик доменных структур в магнитных пленках /Лек/	2	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-1-31 ПК-1-34	Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1 Э3			
8.3	Знакомство с методами исследования поведения ферромагнитных проводов в переменных полях и при изменении температуры /Лек/	2	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-1-31 ПК-1-34	Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1 Э3			
8.4	Знакомство с методами исследования нанокompозитов и магнитных пленок методами оптической керровской эллипсометрии и вибрационной магнитометрии /Лек/	2	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-1-31 ПК-1-34	Л1.3 Л1.4Л2.4 Л2.5Л3.1 Э4			
8.5	Знакомство с методами исследования магнитных микросистем и наноструктурированных пленок микроволновыми методами и с помощью атомно-силовой микроскопии /Лек/	2	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-1-31 ПК-1-34	Л1.3 Л1.4Л3.3Л3.1 Э3			
8.6	Подготовка отчета /Ср/	2	11	ПК-4-В2 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4Л2.4 Л2.5Л3.2 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-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-32;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-34;ПК-1-У1;ПК-1-32;УК-1-31;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-4-В2	<p>1.Взаимодействие магнитного поля с веществом. Дать определение диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика.</p> <p>2.Эффект Лоренца .</p> <p>3.Эффект гигантского магнетосопротивления, история открытия. Материалы, в которых обнаруживается эффект ГМС.</p> <p>4.Магнитная восприимчивость и проницаемость, дать определения. Порядки величин этих параметров для диамагнетиков.</p> <p>5.Преимущества магнитной операционной памяти (MRAM) перед другими видами магнитной памяти.</p> <p>6.Резистивная модель эффекта гигантского магнетосопротивления (ГМС).</p> <p>7.Влияние магнитного поля на магнетики. Отличие ферромагнетиков от ферри- и антиферромагнетиков.</p> <p>8.Определение понятия доменов, поведение намагниченности ферромагнетика в магнитном поле.</p> <p>9.Методы получения сверхрешеток и гранулированных структур. Описание молекулярной эпитаксии и импульсного лазерного напыления.</p> <p>10.Туннельный магниторезистивный эффект. История открытия, природа, материалы, на которых обнаруживается этот эффект.</p> <p>11.Спин-вентильная структура и ее характеристики.</p> <p>12.Преимущество устройств спинтроники перед обычными устройствами электроники.</p> <p>13.Размерный эффект в Лоренцевском магнетосопротивлении.</p> <p>14.Спин-зависимая проводимость, 2-х – токовая модель Мотта.</p>
-----	---------	---	---

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Курсовая работа	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-4-В1;ПК-4-В2	<p>Ферромагнетики: природа, локализация, особенности их зонной структуры.</p> <p>Магниторезистивный туннельный переход. Природа процесса. Материалы, на которых реализуется магниторезистивный туннельный переход.</p> <p>Гранулированные структуры с эффектом гигантского магнетосопротивления. Материалы, на которых реализуются гранулированные структуры.</p> <p>Природа лоренцевского магниторезистивного эффекта.</p> <p>Резистивная модель гигантского магниторезистивного эффекта и связь ее с моделью Мотта.</p>

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

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического вопроса и двух задач. В билет входят типовые задачи, которые решались в рамках занятий в течение семестра. Билеты хранятся на кафедре

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

Критерии оценки:

«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
---------------------	----------	------------	-------------------



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Луков В. В., Щербаков И. Н.	Основы молекулярного магнетизма: учебник	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2017
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
Л1.3	Крутогин Д. Г.	Материалы и элементы электронной техники: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2006
Л1.4	Крутогин Д. Г.	Функциональные материалы электроники и их технологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Белов К. П.	Что такое магнетизм: научно-популярное издание	Электронная библиотека	Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955
Л2.2	Сандомирский С. Г.	Расчет и анализ размагничивающего фактора ферромагнитных тел: монография	Электронная библиотека	Минск: Белорусская наука, 2015
Л2.3	Летюк Л. М., Костишин В. Г., Гончар А. В.	Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л2.4	Иванова А. В., Крутогин Д. Г., Потапов Ю. В., Горелик С. С.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Структура и свойства полупроводников и металлов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 0604,0629,0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.5	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

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Акулов Н. С.	Ферромагнетизм: монография	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1939
Л3.2	Гелецкий В. М.	Реферативные, курсовые и выпускные квалификационные работы: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л3.3	Войтович И. Д., Корсунский В. М.	Нанoeлектронная элементная база информатики на основе полупроводников и ферромагнетиков	Электронная библиотека	Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.4	Туров Е. А.	Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов: феноменологическая теория спиновых волн в ферромагнетиках, антиферромагнетиках и слабых ферромагнетиках	Электронная библиотека	Москва: Академия наук СССР, 1963
ЛЗ.5	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
ЛЗ.6	Летюк Л. М., Ануфриев А. Н., Морченко А. Т.	Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
ЛЗ.7	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
ЛЗ.8	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
ЛЗ.9	Андреев Н. В., Муковский Я. М.	Получение и исследование тонких пленок манганитов-мультиферроиков GdMnO <sub>3</sub> , YbMnO <sub>3</sub> и YMnO <sub>3</sub> : автореф... к.физ.-мат.н., спец. 01.04.07 - 'Физика конденсированного состояния'	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2013

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Луков, В.В. Основы молекулярного магнетизма=Fundamentals of molecular magnetism : учебник / В.В. Луков, И.Н. Щербаков ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2017. – 181 с. : ил. – Режим доступа: по подписке НИТУ МИСиС. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=499741">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=499741</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2691-8. – Текст : электронный.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=499741">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=499741</a>
Э2	Lukov, V.V. The controlled molecular magnetism of mono-, bi- and polynuclear complexes based on hydrazones, azomethenes and its analogues / V.V. Lukov, I.N. Shcherbakov ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 239 с. : ил. – Режим доступа: по подписке НИТУ МИСиС. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=577879">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=577879</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3280-3. – Текст : электронный.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=577879">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=577879</a>
Э3	Актуальные проблемы физики конденсированных сред=Modern Problems in Condensed Matter Physics. Vol. 2 / науч. ред. Б.З. Малкин, Ю.Н. Прошин. – Казань : Казанский федеральный университет (КФУ), 2014. – Том 2. – 204 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке НИТУ МИСиС. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=276239">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=276239</a> – Текст : электронный.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=276239">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=276239</a>

Э4	Purneshwari Varshney, Hemangi Agrawal. SPINTRONICS TECHNOLOGY: A REVIEW. - Conference Paper, 2014. - p.7	<a href="https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sof=b&amp;sdt=b&amp;sl=47&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&amp;relpos=8&amp;citeCnt=169&amp;searchTerm=">https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-32944462861&amp;origin=resultslist&amp;sort=cp-f&amp;src=s&amp;st1=SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW&amp;st2=&amp;sid=f8134386594ad00b5477cfb6f26f13b7&amp;sof=b&amp;sdt=b&amp;sl=47&amp;s=TITLE-ABS-KEY%28SPINTRONICS+TECHNOLOGY%3a+A+REVIEW%29&amp;relpos=8&amp;citeCnt=169&amp;searchTerm=</a>
----	--	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MATLAB

### 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
К-427	Учебная аудитория	стационарные компьютеры 6 шт., 4 ноутбука, пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели 25 посадочных мест
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

Чтение лекций по данной дисциплине проводится как в классической форме, так и с использованием мультимедийных презентаций. Слайд-конспект курса лекций предназначен для более глубокого усвоения материала при изучении разделов, связанных с технической частью курса. Презентация позволяет преподавателю иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками которые есть в учебном пособии, но и полноцветными фотографиями, рисунками и т.д. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к итоговому контролю.

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:

- вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены);
- беглый опрос;
- решение 1-2 типовых задач у доски;
- самостоятельное решение задач;
- разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. В зависимости от дисциплины или от ее раздела можно использовать два пути:

1. Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.

2. Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку. Оценка предварительной подготовки студента к практическому занятию может быть сделана путем экспресс-тестирования (тестовые задания закрытой формы) в течение 5, максимум – 10 минут. Таким образом, при интенсивной работе можно на каждом занятии каждому студенту можно поставить по крайней мере две оценки.

По материалам модуля или раздела целесообразно выдавать студенту домашнее задание и на последнем практическом занятии по разделу или модулю подвести итоги его изучения (например, провести контрольную работу в целом по

модулю), обсудить оценки каждого студента, выдать дополнительные задания тем студентам, которые хотят повысить оценку за текущую работу.

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

- подготовка и написание рефератов, докладов, очерков и других письменных работ на заданные темы;
- выполнение домашних заданий разнообразного характера. Это – решение задач; подбор и изучение литературных источников; подбор иллюстративного и описательного материала по отдельным разделам курса в сети Интернет;

- выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы.

Индивидуальное задание может получать как каждый студент, так и часть студентов группы.