

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 22.09.2023 10:04:47

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)

### Физика магнитных явлений

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

28.04.03 НАНОМАТЕРИАЛЫ

Профиль

Композиционные наноматериалы

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 2

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	17			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*д.ф.-м.н., проф., Лилеев А.С.*

Рабочая программа

**Физика магнитных явлений**

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 28.04.03 НАНОМАТЕРИАЛЫ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.03 Наноматериалы, 28.04.03-МНМ-23-1.plx Композиционные наноматериалы, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.03 Наноматериалы, Композиционные наноматериалы, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 18.04.2023 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Сформировать компетенции, предусмотренные учебным планом, сформировать фундамент теоретических представлений о природе магнитных явлений; научить использовать теорию магнетизма для решения теоретических и практических задач, связанных с уяснением взаимосвязи магнитных и других физических свойств 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	Аморфные и нанокристаллические материалы	
2.1.2	Дифракционные методы исследования наноматериалов	
2.1.3	Информационно-аналитические системы в материаловедении	
2.1.4	Неравновесные конденсированные системы, часть 1	
2.1.5	Современные проблемы нанотехнологий	
2.1.6	Фазовое равновесие в многокомпонентных системах	
2.1.7	Физика поверхностей раздела в твердых телах	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Методы исследования характеристик и свойств материалов	
2.2.2	Экспериментальные методы физики наноматериалов	
2.2.3	Электронные свойства неметаллических материалов	
2.2.4	Научно-педагогическая практика	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика	

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

<b>ОПК-4: Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-4-31 основные методы исследований в физике магнитных явлений, физике магнетизма магнитных материалов, основы методов моделирования
<b>ПК-1: Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области получения и исследования наноматериалов и проводить испытания наноструктурированных композиционных материалов в соответствии с новыми техническими требованиями и осуществлять их контроль</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 основные законы магнитных явлений
<b>ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-32 основы фундаментальных знаний в области физики магнитных явлений
ОПК-1-31 типичные задачи и проблемы физики магнитных явлений
<b>ПК-1: Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области получения и исследования наноматериалов и проводить испытания наноструктурированных композиционных материалов в соответствии с новыми техническими требованиями и осуществлять их контроль</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 ставить задачи для изучения магнитных свойств материалов

<b>ОПК-4: Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У1 самостоятельно проводить исследования, анализ и обобщение научно-технической информации и результатов на основе знаний физики магнитных явлений
<b>ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Способен самостоятельно использовать современные представления наук о магнетизме при анализе влияния микро- и нано- масштаба на магнитные и другие свойства материалов, изменения свойств материалов при взаимодействии с окружающей средой в процессе обработки, электромагнитными излучением и потоками
<b>ОПК-4: Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 опытом выполнения исследований при решении инженерных и научно-технических задач, опытом использования методов моделирования в физике магнитных явлений
<b>ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Опытном решении инженерных и научно-технических задач в области физики магнитных явлений, в том числе наноматериалов

#### 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. Введение. Развитие науки о магнетизме</b>							
1.1	Магнитные характеристики /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5Л3.2 Э1			
1.2	Орбитальный магнитный момент электрона. Связь между орбитальным магнитным моментом и моментом количества движения электрона. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			
1.3	Расчет орбитального магнитного момента электрона /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.3 Л2.4			Р1
1.4	Проработка лекционного материала по разделу Развитие науки о магнетизме. И подготовка к практическим занятиям. /Ср/	2	5	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 2. Атомный магнетизм</b>							

2.1	Диамagnetизм и парамагнетизм. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2			
2.2	Магнетон Бора. Пространственное квантование. Проекция магнитного момента на направление поля. Опыты Штерна и Герлаха. Трактовка их результатов. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.3Л3.1			
2.3	Диамagnetизм и парамагнетизм. Опыты Штерна и Герлаха /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2Л3.1			Р2
2.4	Подготовка к практическому занятию по разделу Атомный магнетизм /Ср/	2	8	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л3.2			
<b>Раздел 3. Магнитные свойства вещества</b>								
3.1	Гиромagnetное отношение в металлах и сплавах. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Сложение механических и магнитных моментов переходных и редкоземельных элементов. Термы. Примеры расчета. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.4Л3.1 Э1 Э2			
3.2	Магнитные свойства атомов. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.2			
3.3	Магнитные свойства атомов /Пр/	2	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2			
3.4	Подготовка к практическому занятию Магнитные свойства атомов /Ср/	2	6	ОПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л3.2			
<b>Раздел 4. Теория спонтанной намагнитченности</b>								
4.1	Диамagnetизм. Происхождение и основные особенности. Диамagnetизм атомов и вещества. Аномальные диамagnetетки. Диамagnetетики в магнитном поле. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.4Л3.1			

4.2	Закон Кюри. Функция Бриллюэна. Парамагнетизм свободных электронов. Взаимодействие d - и s-электронов в атоме. Влияние s-d взаимодействия на магнитный момент вещества. Электронный парамагнитный резонанс. Оптическая ориентация магнитных моментов атома. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			
4.3	Электронный парамагнитный резонанс /Пр/	2	2	ОПК-1-У1 ОПК-4-У1 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2			Р4
4.4	Подготовка к Контрольной работе по теме "Спонтанная намагниченность" /Ср/	2	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1		КМ1	
4.5	Проработка лекционного материала и подготовка к практическому занятию по разделу Теория спонтанной намагниченности. /Ср/	2	8	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.4Л3.1			
	<b>Раздел 5. Термодинамика магнитных веществ</b>							
5.1	Немагнитная природа ферромагнитного состояния Формальная теория ферромагнетизма. Теория Изинга. Идеи Розинга о молекулярном поле. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2			
5.2	Атомные магнитные моменты в ферромагнетиках, "s-d"-обмен в ферромагнетиках. Статические модели ферромагнетиков. Зонная теория ферромагнетизма. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2Л3.1			
5.3	Подготовка к Контрольной работе "Термодинамика магнитных веществ" /Ср/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2		КМ2	
5.4	Проработка лекционного материала по разделу Термодинамика магнитных веществ /Ср/	2	6	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			
	<b>Раздел 6. Теория технической кривой намагничивания</b>							

6.1	Спиновые волны (температурная зависимость спонтанной намагниченности). Постановка задачи. Необходимость привлечения понятия квазичастиц для объяснения температурной зависимости намагниченности. Энергия системы упорядоченных спинов. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.4			
6.2	Магنون. Движение магнона. Спиновые комплексы. Спиновые волны. Газ магнонов. Намагниченность ферромагнетика при низких температурах. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			
6.3	Выполнение домашнего задания. /Ср/	2	10	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			Р5
6.4	Спиновые волны /Пр/	2	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			Р6
	<b>Раздел 7. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм</b>							
7.1	Доменная структура и причины ее образования. Типы доменной структуры. Строение 90- и 180-градусных границ между доменами. Энергия и ширина граничного слоя /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			
7.2	Магнитный гистерезис. Теории гистерезиса. Основные виды гистерезиса. Гистерезис, обусловленный задержкой образования зародыша перемагничивания. Гистерезис, обусловленный задержкой смещения доменной границы. Гистерезис, обусловленный необратимым вращением /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			
7.3	Изучение Доменной структуры /Пр/	2	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2			Р7
7.4	Подготовка к практическому занятию по разделу. /Ср/	2	10	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.3 Л2.4Л3.2			

	<b>Раздел 8. Явления, возникающие при намагничивании</b>							
8.1	Динамические процессы намагничивания. Магнитное последствие. Потери на вихревые токи. Особенности высокочастотного намагничивания. Динамика спинов. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			
8.2	Антиферромагнетики. Теория Нееля. Магнитные и другие свойства антиферромагнетиков. Ферромагнетики. Магнитные свойства ферромагнетиков. Ферриты, их структура и свойства. Решетка шпинели магнетита. Магнитный момент на атом. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-4-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2			
8.3	Вихревые токи /Пр/	2	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.4Л3.1			Р8
8.4	Подготовка к практическому занятию Вихревые токи /Ср/	2	6	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3 Л1.5			
8.5	Подготовка к итоговой контрольной по курсу, /Ср/	2	9	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.5Л3.2		КМ3	

### 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	Контрольная работа № 1 "Спонтанная намагниченность"	ОПК-4-31;ОПК-1-31;ОПК-1-32;ПК-1-31	Вопросы для подготовки к контрольной работе №1 "Спонтанная намагниченность" Диамагнетизм. Происхождение и основные особенности. Диамагнетизм атомов и вещества. Аномальные диамагнетки. Диамагнетики в магнитном поле. Закон Кюри. Функция Бриллюэна. Парамагнетизм свободных электронов. Взаимодействие d - и s-электронов в атоме. Влияние s-d взаимодействия на магнитный момент вещества. Электронный парамагнитный резонанс. Оптическая ориентация магнитных моментов атома. Электронный парамагнитный резонанс



КМ2	Контрольная работа № 2 "Термодинамика магнитных веществ"	ОПК-4-31;ОПК-1-31;ОПК-1-32;ПК-1-31	<p>Вопросы для подготовки к Контрольной работе №2 "Термодинамика магнитных веществ" Немагнитная природа ферромагнитного состояния Формальная теория ферромагнетизма. Теория Изинга. Идеи Розинга о молекулярном поле. Атомные магнитные моменты в ферромагнетиках, "s-d"-обмен в ферромагнетиках. Статические модели ферромагнетиков. Зонная теория ферромагнетизма.</p>
КМ3	Итоговая контрольная работа № 3	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-1-У1	<p>Вопросы для подготовки к контрольной работе № 3</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Магнитный момент атомов. Магнетон Бора.</li> <li>2 Опыт Штерна-Герлаха.</li> <li>3 Векторная модель магнитного момента атомов: спиновый, орбитальный и полный момент количества движения атома</li> <li>4 Правила Хунда</li> <li>5 Спин и спиновой магнитный момент электрона.</li> <li>6 Гиромагнитный эффект и гиромагнитное отношение.</li> <li>7 Эффект Зеемана.</li> <li>8 Эффект Пашена-Бака.</li> <li>9 Эффект Штарка.</li> <li>10 Ларморовская прецессия и теорема Лармора.</li> <li>11 Диамагнетизм электронной оболочки атома.</li> <li>12 Диамагнетизм сверхпроводников.</li> <li>13 Парамагнитные вещества в сильных и слабых магнитных полях.</li> <li>14 Парамагнитные вещества. Свойства электронов проводимости в металле.</li> <li>15 Парамагнетизм свободных электронов.</li> <li>16 Диамагнетизм свободных электронов.</li> <li>17 Классификация и характеристики магнетиков.</li> <li>18 Слабые ферромагнетики.</li> <li>19 Основные свойства ферромагнетиков.</li> <li>20 Основы термодинамики магнитных явлений.</li> <li>21 Особенности термодинамического поведения магнетиков.</li> <li>22 Вычисление магнитного момента тела.</li> <li>23 Формальная теория ферромагнетизма.</li> <li>24 Обменное взаимодействие. Обменная энергия.</li> <li>25 Молекула водорода.</li> <li>26 Молекулярная теория ферромагнетизма Френкеля-Гейзенберга.</li> <li>Температура Кюри.</li> <li>27 Энергия обменного взаимодействия.</li> <li>28 Энергия кристаллографической магнитной анизотропии.</li> <li>29 Энергия магнитоэластической деформации (магнитоупругая энергия).</li> <li>30 Энергия магнитоэластического поля.</li> <li>31 Линейная магнитоэластичность. Объемная магнитоэластичность.</li> <li>32 Граничный слой между областями спонтанной намагниченности.</li> <li>33 Одномоментное состояние.</li> <li>34 Суперпарамагнетизм.</li> <li>35 Движение границ между областями с антипараллельной и взаимно перпендикулярной намагниченностью.</li> <li>36 Начальный участок кривой намагничивания.</li> <li>37 Обратимые и необратимые процессы смещения границ.</li> <li>38 Обратимые процессы вращения.</li> <li>39 Необратимые явления перемагничивания.</li> <li>40 Гистерезис, обусловленной задержкой смещения границ в однородной среде при наличии в ней включений.</li> <li>41 Гистерезис, обусловленной задержкой смещения границ в однородной среде при наличии в ней напряжений.</li> <li>42 Гистерезис, обусловленной задержкой роста зародышей перемагничивания.</li> <li>43 Гистерезис, обусловленный необратимым процессом вращения.</li> <li>44 Скин-эффект. Дисперсия магнитной проницаемости.</li> <li>45 Уравнение движения доменной стенки.</li> </ol>

<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Расчет орбитального магнитного момента электрона	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Решение задачи. Расчет орбитального магнитного момента электрона
P2	Диамагнетизм и парамагнетизм. Опыты Штерна и Герлаха	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1	Решение задач. Диамагнетизм и парамагнетизм. Опыты Штерна и Герлаха
P3	Магнитные свойства атомов	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Типичные методы определения и изучения магнитных свойств атомов
P4	Электронный парамагнитный резонанс	ОПК-4-У1;ОПК-1-У1	Электронный парамагнитный резонанс
P5	Домашнее задание	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1	Домашнее задание № 1 "Расчет кривой намагниченности"
P6	Спиновые волны	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Спиновые волны
P7	Изучение доменной структуры	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Изучение доменной структуры
P8	Вихревые токи	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1	Вихревые токи

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

Экзамен по данной дисциплине не предусмотрен.

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

По курсу предусмотрен зачет с оценкой. Зачет с оценкой проставляется на основе оценок текущего контроля (трех контрольных работ и одного домашнего задания).

Обучающийся должен выполнить все практические и самостоятельные работы, указанные в данном разделе.

Шкала оценивания знаний обучающихся:

Оценка «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.

Оценка «хорошо»

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

Оценка «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.

Оценка «неудовлетворительно»

– обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные или некорректные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» студент не явился на контрольные мероприятия в семестре.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ашкрофт Н., Мермин Н.	Физика твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1979

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Кринчик Г. С.	Физика магнитных явлений	Электронная библиотека	Москва: Московский университет, 1976
Л1.3	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
Л1.4	Киттель Ч.	Квантовая теория твердых тел	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1967
Л1.5	Введенский В. Ю., Лилеев А. С.	Физические методы исследования. Магнитные свойства: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение, спец. 150702 - Физика металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010

### 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	Говорков В. А.	Электрические и магнитные поля	Электронная библиотека	Москва: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1951
Л2.3	Малышев Л. Г., Повзнер А. А.	Избранные главы курса физики: электромагнетизм: учебное пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л2.4	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
Л2.5	Летюк Л. М., Лукин Б. И., Ануфриев А. Н., Летюк Л. М.	Магнитные материалы и структуры: Разд.: Аморфные магнетики: Учеб. пособие для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982

### 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	Введенский В. Ю., Лилеев А. С., Перминов А. С.	Экспериментальные методы физического материаловедения: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

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

Э1	Научная электронная библиотека eLIBRARY	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Э2	Соеу J.M.D. Magnetism and Magnetic Materials / Электронная библиотека – Cambridge University Press. – 2009	<a href="https://www.academia.edu/28732557/Coey_Magnetism_and_magnetic_materials">https://www.academia.edu/28732557/Coey_Magnetism_and_magnetic_materials</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	Microsoft Office
П.3	ESET NOD32 Antivirus
П.4	Win Pro 10 32-bit/64-bit

П.5	MS Teams
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	
И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-429	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютерный класс на 6 студентов и преподавателя (7 компьютеров); установка для измерения магнитных характеристик; установка для определения потерь на перемагничивание МК-4Э; магнитноизмерительная установка МК-3Э; стенд для измерения удельного электросопротивления; дилатометр; твердометр по Роквеллу; комплект учебной мебели
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 №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Б-416	Учебная аудитория	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении курса "Физика магнитных явлений" большое внимание следует уделить самостоятельной работе с учебниками, справочной литературой и текущими публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах по рассматриваемым темам курса. Большую часть вопросов, возникающих в процессе самостоятельной подготовки, рекомендуется выносить для обсуждения на практических занятиях.

Обучение проводится в один семестр и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- вопросов для самоконтроля,
- трех письменных контрольных работ,
- одного домашних заданий.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий.

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения практических занятий и контрольных работ, график выдачи и сдачи домашних заданий.

Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов организуются еженедельные консультации преподавателей в компьютерном классе.