

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 28.08.2023 12:50:45

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. Часть 1. Основы магнетизма

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Физика конденсированного состояния

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):  
*дфмн, профессор, Лилеев А.С.*

Рабочая программа

**Физика магнитных явлений. Часть 1. Основы магнетизма**

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 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-23-1.plx Физика конденсированного состояния, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Физика конденсированного состояния, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Формирование компетенций, предусмотренных учебным планом, а также научить использовать основные законы магнетизма; сформировать фундамент теоретических представлений о природе магнетизма; использовать теорию магнетизма для решения задач взаимосвязи магнитных и других физических свойств.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Атомно-кристаллическая структура твердых фаз	
2.1.2	Компьютерное моделирование в физическом материаловедении	
2.1.3	Магнитные материалы	
2.1.4	Методы теории электронной структуры твердых тел	
2.1.5	Неравновесные конденсированные системы часть 1	
2.1.6	Специальный физический практикум	
2.1.7	Фазовое равновесие в многокомпонентных системах	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Инженерия поверхности	
2.2.2	История и методология физики	
2.2.3	Наночастицы и наноматериалы	
2.2.4	Радиационная обработка поверхности	
2.2.5	Термодинамическое моделирование химических процессов в многокомпонентных гетерогенных системах	
2.2.6	Тонкопленочные материалы	
2.2.7	Физика дифракции	
2.2.8	Экспериментальные методы в физике магнетизма	
2.2.9	Электронные свойства неравновесных материалов	
2.2.10	Научно-педагогическая практика	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области физики конденсированных состояний</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 основные магнитные характеристики вещества;
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-31 основы теории физики магнитных явлений;
<b>ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области физики конденсированных состояний</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 эксплуатировать современное аналитическое оборудование для измерения магнитных свойств;
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 участвовать в экспериментальной оптимизации наукоемких методик получения материалов на основе знаний физики магнитных явлений;
<b>ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области физики конденсированных состояний</b>

<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 опытом анализа процессов в магнитных веществах и материалах на их основе;
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 опытом анализа магнитных свойств веществ;

#### 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	Введение. Развитие науки о магнетизме /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.4			
1.2	Магнитные характеристики /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.2 Л3.3 Л3.5			Р1
1.3	Освоение теоретического материала раздела 1 /Ср/	2	4	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3Л2.1			
	<b>Раздел 2. Атомный магнетизм</b>							
2.1	Орбитальный магнитный момент электрона. Связь между орбитальным магнитным моментом и моментом количества движения электрона. Магнетон Бора. Пространственное квантование. Проекция магнитного момента на направление поля. Опыты Штерна и Герлаха. Трактовка их результатов. Гиромангнитное отношение в металлах и сплавах. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Сложение механических и магнитных моментов переходных и редкоземельных элементов /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3Л3.1			
2.2	Диамагнетизм и парамагнетизм атомов. Магнитные свойства атомов. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3Л2.2 Э1			
2.3	Магнитные свойства атомов. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.3			Р2
2.4	Освоение теоретического материала раздела 2 /Ср/	2	6	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.3			
	<b>Раздел 3. Диамагнетизм. Основные закономерности</b>							

3.1	Диамagnetизм. Происхождение и основные особенности. Диамagnetизм атомов и вещества. Аномальные диамagnetетки. Диамagnetетики в магнитном поле. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1			
3.2	Диамagnetизм /Пр/	2	1	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			Р3
3.3	Освоение теоретического материала раздела 3 /Ср/	2	5	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
	<b>Раздел 4. Парамагнетизм. Энергетический спектр атомов</b>							
4.1	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	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1			
4.2	Парамагнетизм /Пр/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2			Р4
4.3	Освоение теоретического материала раздела 4 /Ср/	2	5	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 5. Теория спонтанной намагниченности</b>							
5.1	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. /Лек/	2	3	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.1			
5.2	Немагнитная природа ферромагнитного состояния /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3			Р5
5.3	Контрольная работа 1. Диамagnetизм, парамагнетизм и ферромагнетизм по разделам 1-5 /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3		КМ1	
5.4	Освоение теоретического материала раздела 5 /Ср/	2	10	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
	<b>Раздел 6. Термодинамика магнитных явлений</b>							

6.1	Температурная зависимость спонтанной намагниченности. Постановка задачи. Необходимость привлечения понятия квазичастиц для объяснения температурной зависимости намагниченности. Энергия системы упорядоченных спинов. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.3 Э1			
6.2	Расчет кривых намагничивания и петель гистерезиса с учетом сил анизотропии. /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3			Р6
6.3	Освоение теоретического материала раздела 6 /Ср/	2	8	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
6.4	Подготовка и сдача домашнего задания № 1 "Взаимодействие вещества с магнитным полем. Причины существенного различия реакции вещества на внешнее магнитное поле." /Ср/	2	10	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3			Р7
	<b>Раздел 7. Спиновые волны. Магнетоны.</b>							
7.1	Магنون. Движение магнона. Спиновые комплексы. Спиновые волны. Газ магнонов. Намагниченность ферромагнетика при низких температурах. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.3			
7.2	Спиновые волны /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.3			Р8
7.3	Освоение теоретического материала раздела 7 /Ср/	2	6	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.3			
	<b>Раздел 8. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм</b>							
8.1	Антиферромагнетизм. Теория Нееля. Магнитные и другие свойства антиферромагнетиков. Ферримагнетизм. Магнитные свойства ферримагнетиков. Ферриты, их структура и свойства. Решетка шпинели магнетита. Магнитный момент на атом. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.2 Л3.3			
8.2	Антиферромагнетизм и ферримагнетизм /Пр/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3			Р9
8.3	Контрольная работа 2. Итоговая контрольная по всем разделам курса. /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3		КМ2	
8.4	Освоение теоретического материала раздела 8 /Ср/	2	8	ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			

8.5	Подготовка и сдача домашнего задания 2 в форме доклада по разделам курса по выбору студента по согласованию с преподавателем /Ср/	2	12	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3			P10
-----	---	---	----	--------------------------------------	-------------------	--	--	-----

### 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 Диамagnetизм, парамагнетизм и ферромагнетизм по разделам 1-5	ОПК-1-31;ПК-1-31	Вопросы к контрольной работе 1: 1. Процессы намагничивания ферромагнетиков. Процессы смещения доменных границ. Процессы вращения вектора намагниченности. 2. Классификация веществ по магнитным структуре и свойствам 3. Орбитальный магнитный момент электрона. Связь между орбитальным магнитным моментом и моментом количества движения электрона 4. Пространственное квантование 5. Спины и магнитные моменты элементарных частиц 6. Опыт Штерна и Герлаха 7. Доменная структура ферромагнетика 8. Влияние формы образца на магнитные свойства. Энергия размагничивающего фактора 9. Петля гистерезиса однодоменной частицы 10. Обменная анизотропия 11. Магнитная анизотропия РЗМ 12. Спин-переориентационный переход в интерметаллическом соединении Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B 13. Переходная доменная структура 14. Явление термического намагничивания 15. Домены взаимодействия
КМ2	Контрольная работа 2. Итоговая контрольная по всем разделам курса.	ОПК-1-31;ПК-1-31	Вопросы к контрольной работе 2: 1. Оцените, какую энергию должны иметь нейтроны, чтобы их можно было использовать для анализа структуры кристаллов. 2. Докажите, что несимметричное расположение магнитных моментов в антиферромагнетике при $N=N_p$ энергетически невыгодно. 3. Найдите числовое соотношение между длиной электромагнитной волны частотой $\omega H$ и магнитным полем $H$ . 4. На каком расстоянии $L$ от магнита в опыте Штерна и Герлаха надо расположить экран, чтобы расстояние между следами пучков равнялось бы 0,0044 мм? В опыте Штерна и Герлаха $dH/dt=2,2$ Э/см. Ширина области неоднородного поля $D=10$ см, скорость атомов пучка равнялась $10^6$ см/с. 5. Перепишите условия ЭПР и запишите условие ЯМР в виде зависимости длины электромагнитной волны от магнитного поля. Найдите численное значение коэффициента пропорциональности для электрона и протона. 6. Вычислите среднюю энергию частицы ферми-газа при $T=0$ и выразите ее через энергию Ферми $\epsilon_F$ . 7. Объяснить, почему магнит, парящий над сверхпроводником, не падает. 9. Виды магнитной анизотропии. 10. Определение поля анизотропии.

КМЗ	Зачет с оценкой	ОПК-1-31;ПК-1-31	<p>Типовые вопросы для самостоятельной подготовки к зачету с оценкой по курсу.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Магнитостатика. Поиск основного параметра, обуславливающего магнитные явления. Источники магнитных свойств вещества.</li> <li>2. Парамагнетизм. Постановка задачи. Энергетический спектр атомов, имеющих магнитный момент в поле <math>H</math> и при температуре <math>T</math>. Функция Ланжевена. Закон Кюри. Функция Бриллюэна.</li> <li>3. Орбитальный магнитный момент электрона. Связь между орбитальным магнитным моментом и моментом количества движения электрона.</li> <li>4. Атомные магнитные моменты в ферромагнетиках, "s-d"-обмен в ферромагнетиках. Статические модели ферромагнетиков. Зонная теория ферромагнетизма.</li> <li>5. Одноэлектронный атом во внешнем магнитном поле. Диамагнетизм электронов атома. Экспериментальное определение гиромагнитного отношения (гиромагнитные опыты). Сравнение с теорией.</li> <li>6. Магنون. Движение магнона. Спиновые комплексы. Спиновые волны. Газ магнонов. Намагниченность ферромагнетика при низких температурах.</li> <li>7. Магнетон Бора. Пространственное квантование. Проекция магнитного момента на направление поля. Опыты Штерна и Герлаха. Трактовка их результатов.</li> <li>8. Ферромагнитное состояние как упорядоченное состояние спинов. Дальний и ближний магнитный порядок. Кривая Бетта-Слейтера. Критерий ферромагнетизма.</li> <li>9. Неколлинеарное расположение магнитных моментов в ферромагнетиках. Геликоидальные (спиральные) магнитные структуры. Косвенное обменное взаимодействие.</li> <li>10. Тонкая структура спектральных линий. Эффект Зеемана. Спиновой магнитный момент электрона. Спиновой магнитный момент атома. Фактор Ланде. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена – Бака.</li> <li>11. Антиферромагнетики. Теория Нееля. Магнитные и другие свойства антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитные свойства ферримагнетиков. Температурная зависимость намагниченности двухподрешеточного ферримагнетика.</li> <li>12. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Сложение механических и магнитных моментов.</li> <li>13. Диамагнетизм. Происхождение и основные особенности. Диамагнетизм атомов и вещества. Аномальные диамагнетики. Диамагнетики в магнитном поле.</li> <li>14. Однодоменные структуры. Некогерентное перемагничивание областей в реальных ферромагнетиках.</li> <li>15. Парамагнетизм свободных электронов. Взаимодействие d - и s-электронов в атоме. Влияние s-d взаимодействия на магнитный момент вещества. Электронный парамагнитный резонанс.</li> <li>16. Энергия магнитных полей рассеяния. Причины возникновения полей рассеяния в образце ферромагнетика. Размагничивающий фактор.</li> <li>17. Спиновые волны (температурная зависимость спонтанной намагниченности). Постановка задачи. Необходимость привлечения понятия квазичастиц для объяснения температурной зависимости намагниченности.</li> <li>18. Доменная структура и причины ее образования. Типы доменной структуры. Энергия и ширина граничного слоя между доменами. Размеры доменов. Влияние соотношения различных видов энергии на характер доменной структуры.</li> <li>19. Формальная теория ферромагнетизма. Теория Изинга.</li> <li>20. Теория ферромагнетизма Вейсса. Спонтанная намагниченность и её зависимость от температуры. Сравнение с экспериментом.</li> <li>21. Домены. Величина молекулярного поля. Недостатки теории Вейсса.</li> <li>22. Идеальные магнетики. Термодинамический потенциал в присутствии магнитного поля.</li> <li>23. Квантовая теория ферромагнетизма Френкеля-Гайзенберга. Обменная энергия и ее зависимость от направления спинов</li> </ol>
-----	-----------------	------------------	---



			соседних атомов. 24. Температурная зависимость намагниченности. Точка Кюри. 25. Энергия ферромагнетика в магнитном поле. 26. Спиновые волны (температурная зависимость спонтанной намагниченности). Постановка задачи. Необходимость привлечения понятия квазичастиц для объяснения температурной зависимости намагниченности.
<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	Практическое занятие 1	ОПК-1-31;ПК-1-31	Магнитные характеристики элементарных частиц
P2	Практическое занятие 2	ОПК-1-31;ПК-1-31	Магнитные свойства атомов. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий
P3	Практическое занятие 3	ОПК-1-31;ПК-1-31	Диамагнетизм
P4	Практическое занятие 4	ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-1-У1	Парамагнетизм
P5	Практическое занятие 5	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-31	Немагнитная природа ферромагнитного состояния
P6	практическое занятие 6	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-1-В1;ПК-1-У1;ОПК-1-В1	Расчет кривых намагничивания и петель гистерезиса с учетом сил анизотропии
P7	Домашнее задание 1 "Взаимодействие вещества с магнитным полем. Причины существенного различия реакции вещества на внешнее магнитное поле."	ОПК-1-В1;ОПК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-В1	Единая тема для всех обучающихся «Взаимодействие вещества с магнитным полем. Причины существенного различия реакции вещества на внешнее магнитное поле».
P8	Практическое занятие 7	ОПК-1-31;ПК-1-31	Спиновые волны
P9	Практическое занятие 8	ОПК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-В1;ОПК-1-В1	Антиферромагнетизм и ферримагнетизм
P10	Домашнее задание 2 в форме доклада по разделам курса по выбору студента по согласованию с преподавателем	ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-В1	Доклад по разделам курса по выбору студента по согласованию с преподавателем. Примеры: - спиновые волны; - обменное взаимодействие; - влияние соотношения различных видов энергии на характер доменной структуры; - электронный парамагнитный резонанс.
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
Экзамен программой курса не предусмотрен			

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

По курсу предусмотрен зачет с оценкой. Проставление оценки за зачет осуществляется на основе оценок за контрольные работы и сданные домашние задания. В случае не согласия студента с проставленной оценкой он имеет право написать зачетную работу.

Общие критерии оценки:

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 ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на зачет не явился.

### 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	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
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	Перминов А. С., Шуваева Е. А., Введенский В. Ю., Лилеев А. С.	Методы испытаний магнитных материалов: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006

##### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Перминов А. С., Введенский В. Ю., Лилеев А. С.	Сертификация магнитных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л2.2	Введенский В. Ю., Лилеев А. С., Перминов А. С.	Экспериментальные методы физического материаловедения: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

##### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Киттель Ч.	Введение в физику твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1978
Л3.2	Лившиц Б. Г., Крапошин В. С., Линецкий Я. Л., Лившиц Б. Г.	Физические свойства металлов и сплавов: Учебник для металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1980

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.3	Летюк Л. М., Ануфриев А. Н., Морченко А. Т.	Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
ЛЗ.4	Карабасов Ю. С.	Научные школы Московского государственного института стали и сплавов (Технологического университета) - 75 лет: Становление и развитие: юбил. сб. ст.	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1997
ЛЗ.5	Перминов А. С., Введенский В. Ю., Шуваева Е. А., Могильников П. С.	Физические свойства твердых тел (N 3509): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

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

Э1	Ю.М. Поплавко ОСНОВЫ ФИЗИКИ МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ: Учебное пособие. □ Киев: НТУУ «КПИ». 2004. □ 227 с. Ил. 72. Библ.: 9 назв.	<a href="http://me.kpi.ua/downloads/Poplavko_Magnetism.pdf">http://me.kpi.ua/downloads/Poplavko_Magnetism.pdf</a>
----	--	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	Microsoft Office
П.4	MS Teams

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

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; dilatometer; твердомер 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, 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 №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.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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

- индивидуального опроса студентов при проведении практических занятий (часть проводится в форме семинаров),
- сдачи домашних заданий в форме докладов с презентациями MS PowerPoint,
- двух письменных контрольных работ.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий. Сдача домашних заданий происходит в форме представления мультимедийных докладов.

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

Дополнительно рекомендованная литература, отсутствующая в учебной библиотеке НИТУ "МИСиС":

Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества. – М.: МИР, 1983. - данная книга имеется в научной библиотеке НИТУ "МИСиС".

K.H.J. Buschow, F.R. de Boer. Physics of Magnetism and Magnetic Materials. - New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2004.

Мейлихов Е.З. Магнетизм. Основы теории. - М.: Издательство: Интеллект, 2014.