

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:27:29

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 магнетизма. Часть 1. Магнетизм веществ

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Физика и технологии функциональных материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
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):

*кфмн, зав.каф., Савченко Александр Григорьевич; асс., Худина Елена Викторовна*

Рабочая программа

**Физика магнетизма. Часть 1. Магнетизм веществ**

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 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 22.04.01-ММТМ-23-7.plx Физика и технологии функциональных материалов, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Физика и технологии функциональных материалов, 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 в соответствии с учебным планом, а также изучение студентами современных теоретических представлений о природе магнетизма, магнитных взаимодействиях и магнитных явлениях
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Дифракционные и микроскопические методы	
2.2.2	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.2.3	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов	
2.2.4	Физика магнетизма. Часть 2. Магнетизм материалов	
2.2.5	Физические явления в функциональных материалах и наносистемах	
2.2.6	Атомное строение неорганических материалов	
2.2.7	Спектроскопические и зондовые методы	
2.2.8	Физические методы исследования материалов	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-5-31	Правила оформления отчетов и других нормативных документов
ПК-5-32	Правила проведения экспериментов
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-33	Современные концепции, достижения и ограничения изучаемой дисциплины
ОПК-1-32	Современные методы исследования и их возможности
ОПК-1-31	Базовые понятия о предмете и объектах изучения
<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-5-У1	Планировать и осуществлять экспериментальные исследования
ПК-5-У3	Составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов
ПК-5-У2	Анализировать и обрабатывать результаты исследований
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-1-У2	Анализировать данные о возможных подходах к решению проблем в изучаемой области, а также междисциплинарных областях, и выбирать оптимальный
ОПК-1-У1	Применять полученные знания в учебной и профессиональной деятельности
<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>	
<b>Владеть:</b>	

ПК-5-В2 Навыком обработки результатов экспериментов
ПК-5-В1 Навыком проведения экспериментов
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания по физике магнетизма, в том числе знания о современных методах исследования

#### 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. Раздел 1. Классический магнетизм. Магнитостатика</b>							
1.1	История науки о магнетизме. Древний мир. Средние века. Новое время. Современные представления о магнетизме и магнитных материалах. /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2Л3.1 Л3.2			
1.2	Магнитное поле и его характеристики. О полюсах. Опыт Эрстеда. Ориентирующее действие поля. Магнитный момент витка. Сила Лоренца. Заряженная частица в поле. Ускорители заряженных частиц. Эксперимент Томсона. Эффект Холла. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.3	Закон Био-Савара-Лапласа. Поле движущегося заряда. Магнитное поле тока. Движущийся заряд и ток. Магнитное поле электрона на орбите. Магнитное поле соленоида. Циркуляция и поток вектора магнитной индукции В. Теорема о циркуляции вектора В. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			Р4
1.4	Закон Ампера. Взаимодействие линейных проводников. Виток с током в однородном поле. Виток с током в неоднородном поле. Преобразование Лоренца. Релятивистская природа магнетизма. Магнитное поле и потенциал. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			Р5

1.5	Закон Фарадея. Явление электромагнитной индукции. опыты Фарадея. Электродвижущая сила (ЭДС). Формулировка Максвелла закона электромагнитной индукции. Электронный механизм возникновения ЭДС индукции. Энергия магнитного поля. Основы теории и уравнения Максвелла для электромагнитного поля. /Пр/	1	3	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2Л3. 1 Л3.2 Э1			Р6
1.6	Виды магнетиков. Намагниченность. Восприимчивость. Кривые намагничивания. Петля гистерезиса. Размагничивание. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2Л3. 1 Л3.2 Э1		КМ2	Р7
1.7	Единицы магнитных величин в системе СИ. Проницаемость вакуума. Соглашения Зоммерфельда и Кеннелли. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2Л3. 1 Л3.2			
	<b>Раздел 2. Раздел 2. Термодинамика магнитных веществ</b>							
2.1	Термодинамика магнитных веществ. Работа намагничивания. Общие закономерности. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Магнетотермические и магнетокалорические соотношения. Удельная теплоёмкость. Идеальные магнетики. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2 Л2.3			Р8
2.2	Особенности термодинамического поведения некоторых магнетиков. Парамагнетики. Адиабатическое размагничивание. Магнетокалорический эффект. Вычисление магнитного момента тела. Статистическая сумма. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2 Л2.3			Р9
2.3	Подготовка домашнего задания № 1 по разделам «Классический магнетизм. Магнитостатика» и «Термодинамика магнитных веществ» /Ср/	1	26	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э2			Р1
	<b>Раздел 3. Раздел 3. Атомный магнетизм</b>							

3.1	Атом Бора-Зоммерфельда. Магнетон Бора. Постоянная Планка – единица измерения момента импульса электрона. Опыт Штерна-Герлаха. Спин электрона. Спин нуклонов. Квантование орбит и квантовые числа. Строение атомов. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4			
3.2	Векторная модель магнитного момента атомов. Основное состояние атома. Фактор (множитель) Ланде. Правила Хунда. Гиромагнитный эффект. Опыт Эйнштейна и де Гааза. Эффект Барнетта. Магнетизм нуклонов и ядер. Ядерный магнетон. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4			
3.3	Квантовомеханический анализ электронной структуры атомов. Замораживание орбитальных моментов в кристаллическом поле. Эффект Зеемана. Нормальный (простой) эффект Зеемана. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена–Бака. Эффект Штарка. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4			
	<b>Раздел 4. Раздел 4. Магнетизм слабомагнитных веществ</b>							
4.1	Классификация веществ по магнитным свойствам. Диамагнетизм. Диамагнетизм электронной оболочки атома. Диамагнитная восприимчивость атомов и ионов. Диамагнитная восприимчивость химических соединений. Диамагнетизм сверхпроводников. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			P10
4.2	Парамагнетизм. Парамагнетизм газов: теория Ланжевена. Свойства парамагнетиков в малых полях. Свойства парамагнетиков в сильных полях. Парамагнетизм Ван Флека. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			

4.3	Магнитная восприимчивость электронного газа. Парамагнетизм электронов проводимости: механизм Паули. Диамагнетизм электронов проводимости: механизм Ландау. Заключение: о «слабых» магнетиках. Магнетизм – квантовое явление. «Слабый» магнетизм веществ. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			
4.4	Подготовка реферата по разделам «Атомный магнетизм» или «Магнетизм слабомагнитных веществ». /Ср/	1	40	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э2			Р3
<b>Раздел 5. Раздел 5. Упорядоченные магнетики</b>								
5.1	«Сильные» магнетики. Классический ферромагнетизм. Спонтанная намагниченность. Термодинамическая (формальная) теория ферромагнетизма. /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э3			Р11
5.2	Теория молекулярного поля Вейсса. Магнитная восприимчивость. Закон Кюри-Вейсса. Ферромагнитное упорядочение как фазовый переход. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э3		КМ3	
5.3	Подготовка домашнего задания № 2 по разделу «Упорядоченные магнетики». /Ср/	1	8	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э2			Р2

### 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	Зачет	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2	<p>Для подготовки к зачету используются вопросы к контрольным</p> <p>Вопросы к контрольной работе 1 (КР1) по разделу 1. Классический магнетизм. Магнитостатика</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Направление вектора магнитной индукции поля, создаваемого проводником</li> <li>2. Сила Ампера: модуль, направление. Взаимодействие проводников.</li> <li>3. Движение элементарных частиц в магнитном поле</li> <li>4. Индукция магнитного поля</li> <li>5. ЭДС индукции: условия возникновения</li> <li>6. Вектор напряженности магнитного поля</li> </ol> <p>Вопросы к контрольной работе 2 (КР2) по разделам 3. Атомный магнетизм, 4. Магнетизм слабомагнитных веществ, 5. Упорядоченные магнетики</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Атом Бора-Зоммерфельда. Магнетон Бора.</li> <li>2. Опыт Штерна-Герлаха. Схема опыта и противоречия результатов эксперимента с квантовой теорией.</li> <li>3. Спин и магнитный момент электрона. Спиновое квантовое число и отличие от орбитального магнитного момента.</li> <li>4. Квантование орбит и квантовые числа</li> <li>5. Орбитальный, спиновый и полный момент количества движения атома. Типы связи электронов в атомах: векторные схемы связей LS-типа и JJ-типа.</li> <li>6. Парамагнетизм газов. Теория Ланжевена и функция Ланжевена. Закон Кюри.</li> <li>7. Функция Бриллюэна. Свойства (намагниченность, восприимчивость) пара-магнетиков в сильных и слабых полях.</li> <li>8. Парамагнетизм Ван Флека (поляризационный парамагнетизм).</li> <li>9. Плотность состояний свободных электронов. Энергия Ферми. Парамагнетизм электронов проводимости: механизм Паули.</li> </ol>
-----	-------	---	---



КМ2	Контрольная работа 1	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	<p>Вопросы к контрольной работе 1 (КР1) по разделу 1. Классический магнетизм. Магнитостатика</p> <p>1. &lt;рисунок&gt; Бесконечно длинный прямолинейный проводник образует плоскую петлю в виде окружности (см. рис.). Магнитная индукция поля в точке О направлена ... Варианты ответа:</p> <p>1. влево 2. к нам 3. вправо 4. от нас</p> <p>2. &lt;рисунок&gt; Поле создано прямолинейным длинным проводником с током <math>I_1</math>. Если отрезок проводника с током <math>I_2</math> расположен в одной плоскости с длинным проводником так, как показано на рисунке, то сила Ампера ... Варианты ответа:</p> <p>1 лежит в плоскости чертежа и направлена вправо 2 лежит в плоскости чертежа и направлена влево 3 перпендикулярна плоскости чертежа и направлена «от нас» 4 перпендикулярна плоскости чертежа и направлена «к нам»</p> <p>3. &lt;рисунок&gt; Магнитное поле создано двумя параллельными длинными проводниками с токами <math>I_1</math> и <math>I_2</math>, расположенными перпендикулярно плоскости чертежа (рис). Векторы <math>B_1</math> и <math>B_2</math> в точке А направлены следующим образом ... Варианты ответа:</p> <p>1. <math>B_1</math> – вверх; <math>B_2</math> – вверх; 2. <math>B_1</math> – вниз; <math>B_2</math> – вверх; 3. <math>B_1</math> – вверх; <math>B_2</math> – вниз; 4. <math>B_1</math> – вниз; <math>B_2</math> – вниз;</p> <p>4. &lt;рисунок&gt; В магнитное поле влетает электрон и движется по дуге окружности. Протон, влетевший в это поле с такой же скоростью, будет двигаться по траектории ... Варианты ответа:</p> <p>1. 4 2. 1 3. 2 4. 3</p> <p>5. Величину вектора магнитной индукции <math>B</math> в данной точке магнитного поля можно определить по отношению ... Варианты ответа:</p> <p>1 силы, действующей на неподвижный точечный заряд, к величине заряда 2 силы, действующей со стороны магнитного поля на малый элемент длины проводника с током, к произведению силы тока на длину этого элемента, если он расположен в поле так, что это отношение имеет максимальное значение 3 времени поворота магнитной стрелки к ее длине 4 вращающего момента, действующего в магнитном поле на пробный контур с током, к магнитному моменту контура при такой его ориентации в поле, когда это отношение достигает максимального значения</p>
-----	----------------------	---	---

			<p>6. В однородном магнитном поле находится плоская проводящая рамка. ЭДС индукции в рамке будет возникать ...</p> <p>Варианты ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 при вращении рамки вокруг оси, параллельной силовым линиям магнитного поля</li> <li>2 при вращении рамки вокруг оси, перпендикулярной силовым линиям магнитного поля</li> <li>3 при поступательном движении рамки в направлении, параллельном силовым линиям магнитного поля</li> <li>4 при поступательном движении рамки в направлении, перпендикулярном силовым линиям магнитного поля</li> </ol> <p>7. &lt;рисунок&gt; На рисунке показаны сечения 3-х длинных параллельных проводников с токами и замкнутый контур L, для которого указано направление обхода. Если <math>I_1 = I_2 = I_3 = 1 \text{ A}</math>, то циркуляция вектора напряженности магнитного поля по контуру L, равна ...</p> <p>Варианты ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 А 2. -1 А</li> <li>3. 3 А 4. 2 А</li> </ol> <p>Вопросы к контрольной работе 1 (КР1) по разделу 1. Классический магнетизм. Магнитостатика</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Направление вектора магнитной индукции поля, создаваемого проводником</li> <li>2. Сила Ампера: модуль, направление. Взаимодействие проводников</li> <li>3. Движение элементарных частиц в магнитном поле</li> <li>4. Индукция магнитного поля</li> <li>5. ЭДС индукции: условия возникновения</li> <li>6. Вектор напряженности магнитного поля</li> </ol>
КМЗ	Контрольная работа 2	ОПК-1-31;ОПК-1-33;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	<p>Вопросы к контрольной работе 2 (КР2) по разделам 3. Атомный магнетизм, 4. Магнетизм слабомангнитных веществ, 5. Упорядоченные магнетики</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Атом Бора-Зоммерфельда. Магнетон Бора.</li> <li>2. Опыт Штерна-Герлаха. Схема опыта и противоречия результатов эксперимента с квантовой теорией.</li> <li>3. Спин и магнитный момент электрона. Спиновое квантовое число и отличие от орбитального магнитного момента.</li> <li>4. Квантование орбит и квантовые числа</li> <li>5. Орбитальный, спиновый и полный момент количества движения атома. Типы связи электронов в атомах: векторные схемы связей LS-типа и JJ-типа.</li> <li>6. Парамагнетизм газов. Теория Ланжевена и функция Ланжевена. Закон Кюри.</li> <li>7. Функция Бриллюэна. Свойства (намагниченность, восприимчивость) пара-магнетиков в сильных и слабых полях.</li> <li>8. Парамагнетизм Ван Флека (поляризационный парамагнетизм).</li> <li>9. Плотность состояний свободных электронов. Энергия Ферми. Парамагнетизм электронов проводимости: механизм Паули.</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	Домашнее задание 1	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2	Решение задач по разделам: 1. Классический магнетизм. Магнитостатика и 2. Термодинамика магнитных веществ
P2	Домашнее задание 2	ПК-5-В2;ПК-5-В1;ПК-5-У3;ПК-5-У2;ПК-5-У1;ПК-5-32;ПК-5-31	Решение задач по разделу 5. Упорядоченные магнетики.
P3	Реферат	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Темы рефератов: 1. Опыт Штерна-Герлаха. 2. Строение атома. квантование орбит. 3. Опыт Эйнштейна и де Гааза. 4. Эффект Зеемана. 5. Эффект Пашена-Бака. 6. Электронный парамагнитный резонанс. 7. Диамагнетизм и свойства диамагнетиков. 8. Парамагнетизм и свойства парамагнетиков. 9. Магнитная восприимчивость электронного газа. 10. Магнетизм нуклонов и ядер.
P4	Практическая работа "Закон Био-Савара-Лапласа. Поле движущегося заряда. Магнитное поле тока. Движущийся заряд и ток. Магнитное поле электрона на орбите. Магнитное поле соленоида. Циркуляция и поток вектора магнитной индукции $B$ . Теорема о циркуляции вектора $B$ "	ОПК-1-31;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы
P5	Практическая работа "Закон Ампера. Взаимодействие линейных проводников. Виток с током в однородном поле. Виток с током в неоднородном поле. Преобразование Лоренца. Релятивистская природа магнетизма. Магнитное поле и потенциал"	ОПК-1-31;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы

Р6	Практическая работа "Закон Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея. Электродвижущая сила (ЭДС). Формулировка Максвелла закона электромагнитной индукции. Электронный механизм возникновения ЭДС индукции. Энергия магнитного поля. Основы теории и уравнения Максвелла для электромагнитного поля"	ОПК-1-31;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы
Р7	Практическая работа "Виды магнетиков. Намагниченность. Восприимчивость. Кривые намагничивания. Петля гистерезиса. Размагничивание"	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы
Р8	Практическая работа "Термодинамика магнитных веществ. Работа намагничивания. Общие закономерности. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Магнито-термические и магнито-калорические соотношения. Удельная теплоёмкость. Идеальные магнетики"	ОПК-1-31;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы

P9	Практическая работа "Особенности термодинамического поведения некоторых магнетиков. Парамагнетики. Адиабатическое размагничивание. Магнетокалорический эффект. Вычисление магнитного момента тела. Статистическая сумма"	ОПК-1-31;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы
P10	Практическая работа "Классификация веществ по магнитным свойствам. Диамагнетизм. Диамагнетизм электронной оболочки атома. Диамагнитная восприимчивость атомов и ионов. Диамагнитная восприимчивость химических соединений. Диамагнетизм сверхпроводников"	ОПК-1-31;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы
P11	Практическая работа "«Сильные» магнетики. Классический ферромагнетизм. Спонтанная намагниченность. Термодинамическая (формальная) теория ферромагнетизма"	ОПК-1-31;ОПК-1-33	Решение задач по теме работы
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
Экзамен по курсу 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 (двух контрольных работ и реферата на заданную тему).

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 «неявка»

– обучающийся 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	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

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Киттель Ч.	Введение в физику твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1978
Л2.2	Кринчик Г. С.	Физика магнитных явлений	Электронная библиотека	Москва: Московский университет, 1976
Л2.3	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферромагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
Л2.4	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

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Летюк Л. М., Ануфриев А. Н., Морченко А. Т.	Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л3.2	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

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

Э1	Ю.М. Поплавко <b>ОСНОВЫ ФИЗИКИ МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ:</b> 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>
----	---	---

Э2	Основные формулы по физике - ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ <a href="https://infotables.ru/fizika/95-osnovnye-formuly-po-fizike-elektrichestvo-i-magnetizm">https://infotables.ru/fizika/95-osnovnye-formuly-po-fizike-elektrichestvo-i-magnetizm</a>	<a href="https://infotables.ru/fizika/95-osnovnye-formuly-po-fizike-elektrichestvo-i-magnetizm">https://infotables.ru/fizika/95-osnovnye-formuly-po-fizike-elektrichestvo-i-magnetizm</a>
Э3	Санкт-Петербургский государственный университет / Факультет Прикладной математики – процессов управления к.ф.-м.н., доцент Антонов Андрей Юрьевич Общая физика (электричество и магнетизм) Электронный учебник Санкт-Петербург 2014	<a href="http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/antonov/files/em_antonov2.pdf">http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/antonov/files/em_antonov2.pdf</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	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.4	Microsoft Office
П.5	MS Teams

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

И.1	И1 Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	И1.1 — Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	И1.2 — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	И2 Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	И2.1 — аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	И2.2 — аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	И2.3 — наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	И2.4 — научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-416	Учебная аудитория	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели
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
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные занятия нацелены на углублённое изучение студентами, базовых, фундаментальных вопросов «Физики магнетизма. Часть 1. Магнетизм веществ».

При проведении обучения предусматриваются домашние задания по различным разделам курса, в том числе в форме самостоятельного решения задач по различным разделам курса.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);

- использование при проведении занятий специализированной аудитории - физической лаборатории, с возможностью проведения занятий в интерактивной форме;

- использование при проведении занятий активных форм обучения – учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров.

Дисциплина относится к основополагающим и требует значительного объема самостоятельной работы.

Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку, например, в форме написания студентами реферата на заданную тему, который оформляется в формате MS Word (по заданию преподавателя может представляться также в форме устного доклада в сопровождении презентации MS PowerPoint), 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.

В связи с использованием во время занятий мультимедийных технологий для проведения лекционных занятий требуется специализированная мультимедийная аудитория с возможностью показа видеоматериалов с аудио сопровождением и доступом к сети Интернет.