

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
естествознания и стандартизации
И.Ю. Мезин
«25» сентября 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Физика магнитных явлений

НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Направление подготовки (специальность)

12.03.01

Приборостроение

шифр наименование направления подготовки (специальности)

Направленность (профиль/ специализация) программы

Приборы и методы контроля качества и диагностики

наименование направленности (профиля) подготовки (специализации)

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения

Очная

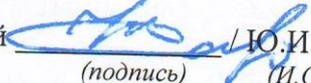
Институт
Кафедра
Курс
Семестр

Естествознания и стандартизации
Физики
3
5

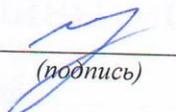
Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 12.03.01 Приборостроение, утвержденного приказом МОиН РФ от 03.09.2015 № 959.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики «01» сентября 2017 г., протокол № 1.

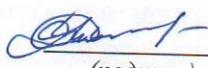
Зав. кафедрой  / Ю.И. Савченко /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института естествознания и стандартизации «25» сентября 2017 г., протокол № 1.

Председатель  / И.Ю. Мезин /
(подпись) (И.О. Фамилия)

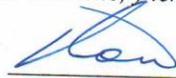
Рабочая программа составлена:

доцент кафедры физики, кандидат физико-математических наук, доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)

 / Д.М. Долгушин /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент:

доцент кафедры прикладной и теоретической физики, кандидат технических наук
(должность, ученая степень, ученое звание)

 / А.В. Колдин /
(подпись) (И.О. Фамилия)

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) «Физика магнитных явлений» является овладение студентами необходимым и достаточным уровнем общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение», профиль «Приборы и методы контроля качества и диагностики».

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Физика магнитных явлений» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин «Математика», «Физика».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для освоения последующих специальных дисциплин: «Приборы и методы вихретокового контроля», «Приборы и методы магнитного контроля», «Физические методы контроля».

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физика магнитных явлений» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1 - способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	
Знать	<ul style="list-style-type: none">– основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений;– природу диа-, пара- и ферромагнетизма;– теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков;– теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании;– основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов
Уметь	<ul style="list-style-type: none">– формулировать основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений;– объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма;– применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений;– применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений;– применять основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма на основе определений и понятий физики магнитных явлений; – навыками применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – навыками применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; – основными методами измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов
ОПК-3 - способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков; – теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании; – основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – формулировать основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; – применять основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма на основе определений и понятий физики магнитных явлений; – навыками применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – навыками применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; – основными методами измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов
ОПК-5 - способностью обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные величины, которыми оперирует физика магнитных явлений, и законы, связывающие их; – основные способы представления экспериментальных данных; – основные методы обработки экспериментальных данных
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – объяснять магнитные явления, используя основные величины, которыми оперирует физика магнитных явлений, и законы, связывающие их;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<ul style="list-style-type: none"> – применять основные способы представления экспериментальных данных; – применять основные методы обработки экспериментальных данных
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять магнитные явления, используя основные величины, которыми оперирует физика магнитных явлений, и законы, связывающие их; – навыками применения основных способов представления экспериментальных данных; – навыками применения основных методов обработки экспериментальных данных
ПК-2 - готовностью к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков; – теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании; <p>основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – формулировать основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; <p>применять основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма на основе определений и понятий физики магнитных явлений; – навыками применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – навыками применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; – основными методами измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 67,9 академических часов:
 - аудиторная – 64 академических часов;
 - внеаудиторная – 3,9 академических часов
- самостоятельная работа – 49,4 академических часов;
- подготовка к экзамену – 26,7 академических часов

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)		Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
1. Магнитостатика	5	2	2	9,4	Подготовка к лабораторным работам; выполнение домашнего задания	Защита лабораторных работ; сдача домашнего задания	ОПК-1 – зув; ОПК-3 – зув ОПК-5 – зув ПК-2 – зув ППК-1 – зув ППК-3 – зув
2. Магнитные вещества и намагничённость	5	4	6/2И	8	Подготовка к лабораторным работам; выполнение домашнего задания	Защита лабораторных работ; сдача домашнего задания	ОПК-1 – зув; ОПК-3 – зув ОПК-5 –

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
							зуб ПК-2 – зуб ППК-1 – зуб ППК-3 – зуб
3. Диа- и парамагнетизм	5	6	6/2И	8	Подготовка к лабораторным работам; выполнение домашнего задания	Защита лабораторных работ; сдача домашнего задания	ОПК-1 – зуб; ОПК-3 – зуб ОПК-5 – зуб ПК-2 – зуб ППК-1 – зуб ППК-3 – зуб
4. Ферромагнетизм	5	8	6/3И	8	Подготовка к лабораторным работам; выполнение домашнего задания	Защита лабораторных работ; сдача домашнего задания	ОПК-1 – зуб; ОПК-3 – зуб ОПК-5 –

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
							зுவ ПК-2 – зுவ ППК-1 – зுவ ППК-3 – зுவ
5. Магнитная анизотропия. Магнитострикция	5	6	6/3И	8	Подготовка к лабораторным работам; выполнение домашнего задания	Защита лабораторных работ; сдача домашнего задания	ОПК-1 – зுவ; ОПК-3 – зுவ ОПК-5 – зுவ ПК-2 – зுவ ППК-1 – зுவ ППК-3 – зுவ
6. Явления, возникающие при намагничивании	5	6	6/2И	8	Подготовка к лабораторным работам; выполнение домашнего задания	Защита лабораторных работ; сдача домашнего задания	ОПК-1 – зுவ; ОПК-3 – зுவ ОПК-5 –

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия				
							зуб ПК-2 – зуб ППК-1 – зуб ППК-3 – зуб
Итого за семестр		32	32/12И	49,4	Подготовка к экзамену	Экзамен	
Итого по дисциплине		32	32/12И	49,4			

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

5 Образовательные и информационные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Физика магнитных явлений» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Лекции проходят в традиционной форме с использованием мультимедийного оборудования.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки к микроконтрольным работам, защите отчета и итоговой аттестации, а также при написании конспекта по вопросам, отведенным на самостоятельное изучение.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к лабораторным работам

Данный вид самостоятельной работы предполагает самостоятельную проработку обучающимся методического описания лабораторных работ и подготовку конспектов описаний данных работ перед проведением эксперимента.

После проведения эксперимента обучающийся на основании методического описания лабораторной работы самостоятельно проводит обработку экспериментальных данных и готовит отчет по работе.

Примерные требования к отчету по лабораторным работам:

В отчет по лабораторной работе должны быть включены следующие пункты:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- описание экспериментальной установки и порядок выполнения работы;
- экспериментальные результаты;
- анализ результатов работы;
- выводы.

Требования к содержанию отдельных частей отчета в лабораторной работе

Описание экспериментальной установки и порядок выполнения работы. В данном разделе приводится схема экспериментальной установки с описанием ее работы и подробно излагается порядок проведения эксперимента, процесс получения данных и способ их обработки. Для лабораторных работ, связанных с компьютерным моделированием физических явлений и процессов, необходимо в этом разделе описать математическую модель и компьютерные программы, моделирующие данные явления.

Экспериментальные результаты. В этом разделе приводятся непосредственно результаты, полученные в ходе проведения лабораторных работ: экспериментально или в результате компьютерного моделирования определенные значения величин, графики, таблицы, диаграммы. Обязательно необходимо оценить погрешности измерений.

Анализ результатов работы. Раздел отчета должен содержать подробный анализ полученных результатов, интерпретацию этих результатов на основе физических законов. Следует сравнить полученные результаты с известными литературными данными, обсудить их соответствие существующим теоретическим моделям. Если обнаружено несоответствие полученных результатов и теоретических расчетов или литературных данных, необходимо обсудить возможные причины этих несоответствий.

Вывод. В выводе кратко излагаются результаты работы: полученные экспериментально или теоретически значения физических величин, их зависимости от условий эксперимента или выбранной расчетной модели, указывается их соответствие или несоответствие физическим законам и теоретическим моделям, возможные причины несоответствия.

Примерный перечень домашних заданий:

Задача 1. Волновая функция атома водорода в основном состоянии ($1s$) имеет вид

$$\psi = (\pi a_0^3)^{-1/2} \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right), \quad \text{где} \quad a_0 = \frac{\tilde{h}^2}{m e^2} = 0.529 * 10^{-8} \text{ см} \quad \text{Плотность заряда}$$

$\rho(x, y, z) = e|\psi|^2$ согласно статистической интерпретации волновой функции. Показать,

что в указанном состоянии $\langle r^2 \rangle = 3a_0^2$ и вычислить молярную диамагнитную восприимчивость атомарного водорода.

Задача 2. Парамагнитная соль содержит 10^{22} ионов/см³; магнитный момент каждого иона равен $1\mu_B$. 1) Вычислить, насколько число ионов с магнитными моментами, параллельными магнитному полю, будет превышать число ионов с антипараллельными моментами, если величина поля составляет $10\,000$ Э, а температура равна 300 К; 2) вычислить намагниченность в том же поле.

Задача 3. Нормальное состояние свободного атома никеля в спектроскопических обозначениях 3F_4 . Найти S , L , J и g -фактор Ланде для атома и рассчитать прецессионную угловую скорость магнитного момента в приложенном поле $H = 5000$ Э.

Задача 4. Описать в спектроскопических обозначениях нормальное состояние трёхвалентного иона железа Fe^{3+} и определить g -фактор Ланде. Определить также магнитный момент иона Fe^{3+} (в магнетонах Бора).

Задача 5. Определить величину объёмной восприимчивости идеального газа при атмосферном давлении и комнатной температуре, предполагая, что каждая молекула газа имеет магнитный момент, равный одному магнетону Бора.

Задача 6. Определить, при каком соотношении между K_1 и K_2 в кубическом ферромагнетике с отрицательной первой константой анизотропии ($K_1 < 0$) осью лёгкого намагничивания является кристаллографическое направление $[100]$.

Задача 7. Определить энергию магнитной анизотропии монокристаллического диска, вырезанного из ферромагнитного кристалла кубической симметрии, плоскость которого совпадает с кристаллографической плоскостью (111) . Предположить, что $K_2 = 0$.

Задача 8. Определить поля анизотропии кристаллов:

1) кобальта, намагниченного вдоль гексагональной оси ($K_u = 4.4 \cdot 10^6$ эрг/см³, $I_s = 1440$ Гс).

2) железа, намагниченного вдоль тетрагональной оси $[100]$ ($K_1 = 5.0 \cdot 10^5$ эрг/см³, $I_s = 1730$ Гс).

3) никеля, намагниченного вдоль тригональной оси $[111]$ ($K_1 = -4.8 \cdot 10^4$ эрг/см³, $I_s = 505$ Гс).

Задача 9. Определить плотность поверхностной энергии 180° доменной стенки монокристалла железа в случаях: 1) плоскость границы параллельна кристаллографической плоскости (001) ; 2) плоскость границы параллельна кристаллографической плоскости (011) . Использовать следующие данные: A (параметр обменного взаимодействия) = $1.5 \cdot 10^{-6}$ эрг/см, K_1 (константа анизотропии) = $5.0 \cdot 10^5$ эрг/см³.

Задача 10. Определить толщину 180° доменной стенки в кобальте. A (параметр обменного взаимодействия) = $0.75 \cdot 10^{-6}$ эрг/см, K_u (константа анизотропии) = $4.3 \cdot 10^6$ эрг/см³.

Задача 11. Энергия магнитной кристаллографической анизотропии одноосного ферромагнетика в простейшем приближении описывается выражением: $E_a = K_0 + KM_z^2/M^2$.

Здесь $K < 0$ константа магнитной кристаллографической анизотропии, M_z -- проекция намагниченности M на ось Z -- ось высокой симметрии. Рассчитать кривую перемагничивания во внешнем магнитном поле, напряжённость которого H ориентирована перпендикулярно оси Z . Модуль магнитного момента не меняется в процессе перемагничивания.

Задача 12. Экспериментальная кривая намагничивания монокристаллического образца кремнистого железа, снятая в направлении $[100]$, в единицах СИ представлена уравнением: $H = (I^2 - 2I) \cdot 10^4$. Определить намагниченность насыщения I_s и первую константу анизотропии K_1 материала.

Задача 13. Для однодоменной частицы железа ($I_s = 1707$ Гс) в форме вытянутого сфероида с отношением полуосей $b/a = 0.5$ рассчитать коэрцитивную силу, если магнитное поле приложено под углами: 1) $\Theta = 30^\circ$ 2) $\Theta = 75^\circ$ к полярной оси.

Задача 14. Показать, что условие резонанса для произвольного эллипсоида с раз-

магнитными факторами N_x, N_y, N_z имеет вид:

$$\omega = \gamma \left\{ \left[H + (N_x - N_z)M \right] \left[H + (N_y - N_z)M \right] \right\}^{1/2},$$

где H – постоянное поле, направленное по оси z . Предполагается что размеры эллипсоида малы по сравнению с длиной волны. Эллипсоид изготовлен из непроводящего магнитного материала (такого, как феррит), и поэтому эффектами, которые связаны с вихревыми токами, можно пренебречь.

Задача 15. Найти индукцию B магнитного поля, при которой имеет место электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) на частоте $\nu = 10^{10}$ Гц. Фактор спектроскопического расщепления для электрона $g = 2$.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1 - способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков; – теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании; основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле. Основные характеристики. 2. Основные законы магнитного поля. 3. Получение магнитного поля. 4. Магнитный момент. Момент силы, действующий на контур с током. 5. Магнитное поле в веществе. Механизм намагничивания. Намагниченность. 6. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. 7. Диамагнетизм. 8. Парамагнетизм. Закон Кюри. 9. Ферромагнетизм: теория Вейсса. Температура Кюри. 10. Ферромагнетизм: приближение Бете. 11. Обменное взаимодействие. 12. Доменная структура ферромагнетика. 13. Кривая намагничивания. Гистерезис. 14. Размагничивающий фактор. 15. Техническое намагничивание. Эффект Баркгаузена. Магнитострикция. 16. Магнитомягкие материалы. 17. Магнитотвердые материалы.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – формулировать основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; 	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 2. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> – объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; – применять основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов 	<p>оси, если отношение длины к диаметру равно 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 4. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 5. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 6. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50. 7. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 8. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 9. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 10. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 11. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 12. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма на основе определений и понятий физики магнитных явлений; – навыками применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – навыками применять теорию магнитной 	<p>Примерные лабораторные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле катушек Гельмгольца 2. Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика 3. Определение размагничивающего фактора 4. Влияние упругих напряжений на намагничивание 5. Вычисление характеристик магнитного поля соленоида

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	анизотропии, магнитоstriction, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; основными методами измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов	
ОПК-3 - способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков; – теорию магнитной анизотропии, магнитоstriction, а также явлений, возникающих при намагничивании; <p>основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов</p>	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле. Основные характеристики. 2. Основные законы магнитного поля. 3. Получение магнитного поля. 4. Магнитный момент. Момент силы, действующий на контур с током. 5. Магнитное поле в веществе. Механизм намагничивания. Намагниченность. 6. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. 7. Диамагнетизм. 8. Парамагнетизм. Закон Кюри. 9. Ферромагнетизм: теория Вейсса. Температура Кюри. 10. Ферромагнетизм: приближение Бете. 11. Обменное взаимодействие. 12. Доменная структура ферромагнетика. 13. Кривая намагничивания. Гистерезис. 14. Размагничивающий фактор. 15. Техническое намагничивание. Эффект Баркгаузена. Магнитоstriction. 16. Магнитомягкие материалы. 17. Магнитотвердые материалы.
Уметь	– формулировать основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>ний;</p> <ul style="list-style-type: none"> – объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; <p>применять основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов</p>	<p>оси, если отношение длины к диаметру равно 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 3. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 4. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 5. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 6. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50. 7. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 8. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 9. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 10. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 11. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 12. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма на основе определений и понятий физики магнитных явлений; – навыками применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении 	<p>Примерные лабораторные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле катушек Гельмгольца 2. Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика 3. Определение размагничивающего фактора 4. Влияние упругих напряжений на намагничивание 5. Вычисление характеристик магнитного поля соленоида

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>магнитных явлений;</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; <p>основными методами измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов</p>	
ОПК-5 - способностью обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные величины, которыми оперирует физика магнитных явлений, и законы, связывающие их; – основные способы представления экспериментальных данных; <p>основные методы обработки экспериментальных данных</p>	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле. Основные характеристики. 2. Основные законы магнитного поля. 3. Получение магнитного поля. 4. Магнитный момент. Момент силы, действующий на контур с током. 5. Магнитное поле в веществе. Механизм намагничивания. Намагниченность. 6. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. 7. Диамагнетизм. 8. Парамагнетизм. Закон Кюри. 9. Ферромагнетизм: теория Вейсса. Температура Кюри. 10. Ферромагнетизм: приближение Бете. 11. Обменное взаимодействие. 12. Доменная структура ферромагнетика. 13. Кривая намагничивания. Гистерезис. 14. Размагничивающий фактор. 15. Техническое намагничивание. Эффект Баркгаузена. Магнитострикция. 16. Магнитомягкие материалы. 17. Магнитотвердые материалы.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – объяснять магнитные явления, используя основные величины, которыми оперирует физика магнитных явлений, и законы, связывающие их; – применять основные способы представления экспериментальных данных; применять основные методы обработки экспериментальных данных 	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 2. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 3. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 4. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 5. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 6. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50. 7. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 8. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 9. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 10. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 11. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 12. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять магнитные явления, используя основные величины, которыми оперирует физика магнитных явлений, и законы, связывающие их; 	<p>Примерные лабораторные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле катушек Гельмгольца 2. Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика 3. Определение размагничивающего фактора

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> – навыками применения основных способов представления экспериментальных данных; – навыками применения основных методов обработки экспериментальных данных 	<ul style="list-style-type: none"> 4. Влияние упругих напряжений на намагничивание 5. Вычисление характеристик магнитного поля соленоида
<p>ПК-2 - готовностью к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков; – теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании; – основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле. Основные характеристики. 2. Основные законы магнитного поля. 3. Получение магнитного поля. 4. Магнитный момент. Момент силы, действующий на контур с током. 5. Магнитное поле в веществе. Механизм намагничивания. Намагниченность. 6. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. 7. Диамагнетизм. 8. Парамагнетизм. Закон Кюри. 9. Ферромагнетизм: теория Вейсса. Температура Кюри. 10. Ферромагнетизм: приближение Бете. 11. Обменное взаимодействие. 12. Доменная структура ферромагнетика. 13. Кривая намагничивания. Гистерезис. 14. Размагничивающий фактор. 15. Техническое намагничивание. Эффект Баркгаузена. Магнитострикция. 16. Магнитомягкие материалы. 17. Магнитотвердые материалы.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – формулировать основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; 	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> – объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма; – применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; – применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; <p>применять основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 3. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 4. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 5. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 6. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50. 7. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 8. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 9. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 10. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 11. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 12. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками объяснять природу диа-, пара- и ферромагнетизма на основе определений и понятий физики магнитных явлений; – навыками применять теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков при объяснении магнитных явлений; 	<p>Примерные лабораторные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле катушек Гельмгольца 2. Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика 3. Определение размагничивающего фактора 4. Влияние упругих напряжений на намагничивание 5. Вычисление характеристик магнитного поля соленоида

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> – навыками применять теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании, для объяснения магнитных явлений; – основными методами измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов 	
ППК-1 - проверка подготовки контролируемого объекта и средств контроля к выполнению неразрушающего контроля		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – общие сведения о магнитных свойствах контролируемого объекта; – физические характеристики контролируемого объекта, лежащие в основе методов магнитного контроля; – условия выполнения магнитного контроля 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле. Основные характеристики. 2. Основные законы магнитного поля. 3. Получение магнитного поля. 4. Магнитный момент. Момент силы, действующий на контур с током. 5. Магнитное поле в веществе. Механизм намагничивания. Намагниченность. 6. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. 7. Диамагнетизм. 8. Парамагнетизм. Закон Кюри. 9. Ферромагнетизм: теория Вейсса. Температура Кюри. 10. Ферромагнетизм: приближение Бете. 11. Обменное взаимодействие. 12. Доменная структура ферромагнетика. 13. Кривая намагничивания. Гистерезис. 14. Размагничивающий фактор. 15. Техническое намагничивание. Эффект Баркгаузена. Магнитострикция. 16. Магнитомягкие материалы. 17. Магнитотвердые материалы.
Уметь	– определять выполнение условий, необ-	Примерные практические задания для экзамена:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>ходимых для измерения физических характеристик контролируемого объекта, лежащих в основе методов магнитного контроля;</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 2. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 3. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 4. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 5. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 6. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50. 7. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 8. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 9. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5. 10. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10. 11. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20. 12. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50.
Владеть	<p>– навыками измерения физических характеристик контролируемого объекта, лежащих в основе методов магнитного контроля;</p>	<p>Примерные лабораторные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле катушек Гельмгольца 2. Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика 3. Определение размагничивающего фактора 4. Влияние упругих напряжений на намагничивание

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		5. Вычисление характеристик магнитного поля соленоида
ППК-3 - выполнение магнитного контроля контролируемого объекта		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные определения, понятия и методы физики магнитных явлений; – теорию технической кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков; – теорию магнитной анизотропии, магнитострикции, а также явлений, возникающих при намагничивании; – основные методы измерения и вычисления характеристик магнитных свойств материалов; – методы размагничивания контролируемого объекта 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле. Основные характеристики. 2. Основные законы магнитного поля. 3. Получение магнитного поля. 4. Магнитный момент. Момент силы, действующий на контур с током. 5. Магнитное поле в веществе. Механизм намагничивания. Намагниченность. 6. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. 7. Диамагнетизм. 8. Парамагнетизм. Закон Кюри. 9. Ферромагнетизм: теория Вейсса. Температура Кюри. 10. Ферромагнетизм: приближение Бете. 11. Обменное взаимодействие. 12. Доменная структура ферромагнетика. 13. Кривая намагничивания. Гистерезис. 14. Размагничивающий фактор. 15. Техническое намагничивание. Эффект Баркгаузена. Магнитострикция. 16. Магнитомягкие материалы. 17. Магнитотвердые материалы.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – применять теорию физики магнитных явлений в магнитном контроле; – производить намагничивание контролируемого объекта; – производить размагничивание контролируемого объекта 	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1. 2. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2. 3. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10.</p> <p>5. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20.</p> <p>6. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения вдоль его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50.</p> <p>7. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 1.</p> <p>8. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 2.</p> <p>9. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 5.</p> <p>10. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 10.</p> <p>11. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 20.</p> <p>12. Вычислите размагничивающий фактор для эллипсоида вращения поперек его длинной оси, если отношение длины к диаметру равно 50.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками измерения физических характеристик контролируемого объекта, лежащих в основе методов магнитного контроля; – навыками намагничивания контролируемого объекта; – навыками размагничивания контролируемого объекта 	<p>Примерные лабораторные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле катушек Гельмгольца 2. Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика 3. Определение размагничивающего фактора 4. Влияние упругих напряжений на намагничивание 5. Вычисление характеристик магнитного поля соленоида

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика магнитных явлений» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Кузнецов, С.И. Физика: Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны : учеб. пособие / С.И. Кузнецов. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Вузовский учебник ; ИНФРА-М, 2015. - 231 с. - ISBN 978-5-9558-0332-6 (Вузовский учебник) ; ISBN 978-5-16-009123-5 (ИНФРА-М, print) ; ISBN 978-5-16-101657-2 (ИНФРА-М, online). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=215043> (дата обращения: 06.11.2020). – Режим доступа: по подписке.
2. Кузнецов, С. И. Курс лекций по физике. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. Колебания и волны: Учебное пособие / Кузнецов С.И., Семкина Л.И., Рогозин К.И. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2016. - 290 с.: ISBN 978-5-4387-0562-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=218874> (дата обращения: 06.11.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Милов, Ю. Е. Электромагнетизм. Конспект лекций : учебное пособие / Ю. Е. Милов, Н. А. Савинова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск(CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3622.pdf&show=dcatalogues/1/1524639/3622.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-1254-0. - Сведения доступны также на CD-ROM.
3. Зисман, Г. А. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 2 : Электричество и магнетизм — 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-8114-4102-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/115201/#1> (дата обращения: 06.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Дубский, Г. А. Физика конденсированного состояния вещества : лабораторный практикум / Г. А. Дубский, А. А. Нефедьев, Т. Я. Дубская ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2014 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1445.pdf&show=dcatalogues/1/1123966/1445.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
2. Физика : учебное пособие. Ч. 1 / Е. С. Корытникова, Л. А. Одер, Л. А. Никонорова и др. ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2560.pdf&show=dcatalogues/1/1130362/2560.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Образовательный портал МГТУ им. Г.И. Носова <http://newlms.magtu.ru/>
2. Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	К-169-12 от 02.07.2012 (а.388)	срок действия – неограничен
	Д-1227 от 8.10.2018	по 11.01.2021;

	№ Лицензии-60241713 (а.198, 188, 182)	срок действия – неограничен
MS Office	№135 от 17.09.2007 № Лицензии-60784279 (а.388) № Лицензии-60241713 (а.198, 188, 182)	Бессрочно срок действия – неограничен срок действия – неограничен
Mathworks MathLab	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
7Zip	Свободно распространя- емое	бессрочно

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: «Предметная лаборатория»	Лабораторные установки, измерительные приборы для проведения лабораторных работ: 1. Источник питания постоянного тока, 2. Мультиметр цифровой APPA 203, 3. Осциллограф двухканальный GOS-620 FG, 4. Измеритель магнитной индукции Ш1-8, 5. Катушки Гельмгольца, 6. Трансформатор с Ш-образным сердечником и замыкающим ярмом, 7. Установка для наблюдения динамической петли гистерезиса, 8. Установка для определения влияния упругих напряжений на намагничивание
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Интерактивная доска, проектор; Мультимедийный проектор, экран.
Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы.	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, MatLab, с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования.