

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

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

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

6 ЗЕТ

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	51	51	51	51
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	95	95	95	95
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

кфмн, зав.каф., Савченко Александр Григорьевич

Рабочая программа

Физика магнитных явлений

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физического материаловедения

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

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.ДВ.17
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.2	Материаловедение	
2.1.3	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.4	Металловедение инновационных материалов	
2.1.5	Методы исследования материалов	
2.1.6	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.7	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.8	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.9	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.10	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.11	Разработка новых материалов	
2.1.12	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.13	Физика диэлектриков	
2.1.14	Физика полупроводников	
2.1.15	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.16	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.17	Компьютеризация эксперимента	
2.1.18	Материалы альтернативной энергетики	
2.1.19	Материалы наукоемких технологий	
2.1.20	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.21	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.22	Планирование научного эксперимента	
2.1.23	Современные проблемы материаловедения	
2.1.24	Теория поверхностных явлений	
2.1.25	Теория симметрии	
2.1.26	Электроника	
2.1.27	Кристаллография	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.2.2	Композиционные материалы	
2.2.3	Конструирование композиционных материалов	
2.2.4	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.2.5	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.7	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.10	Специальные сплавы	
2.2.11	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.2.12	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.2.13	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	
2.2.14	Биофизика	
2.2.15	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы	
2.2.16	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.2.17	Материаловедение и технологии перспективных материалов	

2.2.18	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.19	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.20	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.21	Основы научно-технического перевода
2.2.22	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.23	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.24	Технология получения кристаллов
2.2.25	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.26	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.27	Функциональные наноматериалы
2.2.28	Химия и технология полимерных материалов
2.2.29	Биоорганическая химия
2.2.30	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.31	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.32	Квантовая теория твердого тела
2.2.33	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.34	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.35	Методы непараметрической статистики
2.2.36	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.37	Объемные наноматериалы
2.2.38	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.39	Структура и технологичность сплавов
2.2.40	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.41	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.42	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.43	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.44	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.45	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.46	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.47	Менеджмент качества
2.2.48	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.49	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.50	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.51	Методология научных исследований
2.2.52	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.53	Основы клеточной биологии
2.2.54	Оформление результатов научной деятельности
2.2.55	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.56	Симметрия наносистем
2.2.57	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.58	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.59	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.60	Управление коллективами
2.2.61	Управление проектами
2.2.62	Химические основы биологических процессов
2.2.63	Цифровое материаловедение
2.2.64	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.65	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.66	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.67	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.68	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.69	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.70	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

2.2.71	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.72	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

Знать:

ПК-1-31 основы физики магнитных явлений

Уметь:

ПК-1-У1 анализировать научно-техническую информацию в области физики магнитных явлений и синтезировать новые знания на стыке физики магнитных явлений и материаловедения и технологии материалов

Владеть:

ПК-1-В1 опытом обработки и анализа информации в области физики магнитных явлений и её связи с материаловедением и технологией материалов

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
	Раздел 1. Раздел 1. Классический магнетизм. Магнитостатика							
1.1	История науки о магнетизме. Древний мир. Средние века. Новое время. Современные представления о магнетизме и магнитных материалах. /Лек/	7	1	ПК-1-31	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/	7	2	ПК-1-31	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/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	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/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	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/	7	3	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			Р6
1.6	Виды магнетиков. Намагниченность. Восприимчивость. Кривые намагничивания. Петля гистерезиса. Размагничивание. /Пр/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1		КМ2	Р7
1.7	Единицы магнитных величин в системе СИ. Проницаемость вакуума. Соглашения Зоммерфельда и Кеннелли. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.2Л3.1 Л3.2			
	Раздел 2. Раздел 2. Термодинамика магнитных веществ							
2.1	Термодинамика магнитных веществ. Работа намагничивания. Общие закономерности. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Магнетотермические и магнетокалорические соотношения. Удельная теплоёмкость. Идеальные магнетики. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	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/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.2 Л2.3			Р9
2.3	Подготовка домашнего задания № 1 по разделам «Классический магнетизм. Магнитостатика» и «Термодинамика магнитных веществ» /Ср/	7	26	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э2			Р1
	Раздел 3. Раздел 3. Атомный магнетизм							

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/	7	2	ПК-1-31	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/	7	2	ПК-1-31	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/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4			
	Раздел 4. Раздел 4. Магнетизм слабомагнитных веществ							
4.1	Классификация веществ по магнитным свойствам. Диамагнетизм. Диамагнетизм электронной оболочки атома. Диамагнитная восприимчивость атомов и ионов. Диамагнитная восприимчивость химических соединений. Диамагнетизм сверхпроводников. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	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/	7	2	ПК-1-31	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/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			
4.4	Подготовка реферата по разделам «Атомный магнетизм» или «Магнетизм слабомагнитных веществ». /Ср/	7	40	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э2			Р3
	Раздел 5. Раздел 5. Упорядоченные магнетики							
5.1	«Сильные» магнетики. Классический ферромагнетизм. Спонтанная намагниченность. Термодинамическая (формальная) теория ферромагнетизма. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	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/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э3		КМ3	
5.3	Подготовка домашнего задания № 2 по разделу «Упорядоченные магнетики». /Ср/	7	8	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э2			Р2
5.4	Термодинамическая теория ферромагнитного фазового перехода. Основы квантовой механики. Волновые свойства частиц. Операторы. Средние значения величин. Уравнение Шрёдингера. Квантование момента импульса. Магнитное квантовое число. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2			Р14
5.5	Молекула водорода и модель Гейзенберга. Эффективный (спиновый) гамильтониан. Обменное поле и молекулярное поле Вейсса. Критерий ферромагнетизма. Магнетизм металлов. Кривая Бете-Слэтера. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2			
5.6	Критерий ферромагнетизма Стонера. Восприимчивость в модели Стонера. Зонные ферромагнетики при конечной температуре. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р15

5.7	Виды обменного взаимодействия. Обменное взаимодействие в 3d-металлах. Условие возникновения ферромагнетизма. Кривая Слэтера-Полинга. Обменное взаимодействие в 4f-металлах. Расчёт s-f-взаимодействия (по Зинеру). Косвенное обменное взаимодействие – РККИ-взаимодействие в металлах. Геликоидальные структуры РЗМ. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			P16
5.8	Косвенное обменное взаимодействие. Ферромагнитный суперобмен. Антиферромагнитный суперобмен. Правила Гуденафа-Канамори. Расщепление d-орбиталей в полях различной симметрии. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			
5.9	Антиферромагнетизм. Феноменологическая теория антиферромагнетизма. Поперечная восприимчивость. Продольная восприимчивость. Антиферромагнетик во внешнем поле. Спин-флоп и спин-флип переходы. Термодинамическая теория антиферромагнетизма. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2			
5.10	Ферримагнетизм. Теория ферримагнетизма Нееля. Асимптотическая точка Кюри. Точка компенсации. Ферримагнетики M-, P-, Q-, N- и V-типа. Ферриты. Ферриты шпинели. Ферриты гранаты. Гексагональные ферриты. Гексаферриты M-, W-, Y-, Z-, U- и X-типа. Феррооксиды. Ортоферриты. Перовскиты манганиты. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2			P17
5.11	Другие типы магнетизма веществ. Геликоидальный магнетизм. Сперо-, асперо- и сперимагнетизм. Суперпарамагнетизм. Миктомагнетизм и спиновое стекло. Слабый (паразитный) ферромагнетизм. Метамагнетизм. «Зародышевый» ферромагнетизм. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2			P18

5.12	Практические занятия по тематике раздела «Упорядоченные магнетики». Контрольная работа /Пр/	7	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1		КМ4	Р19
	Раздел 6. Раздел 6. Энергия упорядоченных магнетиков							
6.1	Виды взаимодействий и энергии магнетиков. Энергия взаимодействия с магнитным полем. Энергия магнитного поля. Энергия обменного взаимодействия. Обменный гамильтониан. Энергетическая константа обмена. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2			Р20
6.2	Энергия магнитной анизотропии. Магнитная кристаллографическая анизотропия. Определение констант анизотропии К1 и К2. Механизмы магнитной анизотропии. Одноионная модель. /Лек/	7	3	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2			
6.3	Наведённая (ориентационная) магнитная анизотропия. Анизотропия магнитного отжига. Анизотропия прокатки. Обменная магнитная анизотропия. Поверхностная магнитная анизотропия. Наведенная магнитная анизотропия, возникающая в процессе фазовых превращений. Другие виды наведенной магнитной анизотропии. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.4			Р21
6.4	Магнитоупругая энергия. Явление магнитострикции. Изотропная магнитострикция. Механизм возникновения магнитострикции. Закон анизотропии Акулова. Объемная магнитострикция и аномальное тепловое расширение. Вынужденная магнитострикция. Эффект формы. Магнитная анизотропия, вызванная магнитострикцией. Измерение магнитострикции. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			
6.5	Магнитостатическая энергия. Поле рассеяния и размагничивающее поле однородно намагниченных тел. Доменные структуры. Уравнение Лапласа для магнитостатического потенциала. Модели доменных структур Киттеля. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2			Р22

6.6	Практические занятия в форме семинаров по тематике раздела «Энергия упорядоченных магнетиков» /Пр/	7	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1			P23
	Раздел 7. Раздел 7. Домены и доменная структура							
7.1	Доменные границы. Физика микромагнетизма. Коэффициент обменной жесткости. Стенки Блоха и стенки Нееля. 180-градусные доменные границы. 90-градусные доменные границы. Замыкающие домены. Особые доменные границы. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3			
7.2	Доменная структура. Размеры доменов. Замыкающие домены в одноосных кристаллах. Виды доменов. Домены в микрочастицах. Однодоменные частицы. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2			P24
7.3	Цилиндрические магнитные домены. Методы наблюдения доменов и доменных границ. /Ср/	7	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3			P12
7.4	Движение доменных границ. Уравнение Ландау и Лифшица. Учёт диссипации энергии. Движение одномерной стенки. Покоящаяся стенка в поле. Магнитное последствие. /Ср/	7	5	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2			
7.5	Спиновые волны. Продольное намагничивание. Поперечное намагничивание. Магнитостатические волны. Обменные спиновые волны. Стоячие спиновые волны. Магноны. Квантовомеханический подход. /Ср/	7	6	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2			
7.6	Практические занятия по тематике раздела «Домены и доменная структура» /Пр/	7	5	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л3.1			P25
	Раздел 8. Раздел 8. Теория технической кривой намагничивания							

8.1	Кривая намагничивания и распределение спинов. Закон Кая. Смещение доменных границ. Теория напряжений Кондорского-Кёрстена. Эффект Гопкинсона. Необратимое смещение ДС. Вращение намагничённости. Необратимое вращение. Магнитный гистерезис. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.4			
8.2	Рэлеевская петля. Закон асимптотического насыщения. Форма петли гистерезиса. /Ср/	7	3	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2			
8.3	Коэрцитивная сила. Размагничивающее поле включений. Немагнитные включения. Критический размер. Коэрцитивная сила по теории напряжений. Коэрцитивная сила по теории включений. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.2			
8.4	Мало- и двухдоменные частицы. Критический радиус однодоменной частицы. Однодоменный эллипсоид. Цепочка сфер. Уравнение Эйлера-Брауна для однодоменных частиц. Подготовка к экзамену /Ср/	7	4	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2		КМ1	Р13
8.5	Практические занятия по тематике раздела «Теория технической кривой намагничивания» /Пр/	7	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л3.1			Р26

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
-----------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<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"> 1. Направление вектора магнитной индукции поля, создаваемого проводником 2. Сила Ампера: модуль, направление. Взаимодействие проводников. 3. Движение элементарных частиц в магнитном поле 4. Индукция магнитного поля 5. ЭДС индукции: условия возникновения 6. Вектор напряженности магнитного поля <p>Вопросы к контрольной работе 2 (КР2) по разделам 3. Атомный магнетизм, 4. Магнетизм слабомагнитных веществ.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Атом Бора-Зоммерфельда. Магнетон Бора. 2. Опыт Штерна-Герлаха. Схема опыта и противоречия результатов эксперимента с квантовой теорией. 3. Спин и магнитный момент электрона. Спиновое квантовое число и отличие от орбитального магнитного момента. 4. Квантование орбит и квантовые числа 5. Орбитальный, спиновый и полный момент количества движения атома. Типы связи электронов в атомах: векторные схемы связей LS-типа и JJ-типа. 6. Парамагнетизм газов. Теория Ланжевена и функция Ланжевена. Закон Кюри. 7. Функция Бриллюэна. Свойства (намагниченность, восприимчивость) пара-магнетиков в сильных и слабых полях. 8. Парамагнетизм Ван Флека (поляризационный парамагнетизм). 9. Плотность состояний свободных электронов. Энергия Ферми. Парамагнетизм электронов проводимости: механизм Паули. <p>Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену.</p> <p>Примеры:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наведённая магнитная анизотропия, возникающая в процессе отжига в магнитном поле. 2. Обменная (однонаправленная) магнитная анизотропия. 3. Магнитострикция – определение. Явление магнитострикции: Спонтанное растяжение. Изотропная магнитострикция. 4. Доменные границы. Стенки Блоха 5. Доменные границы. Стенки Нееля 6. Необратимое смещение доменных границ. 7. Вращение намагниченности. Необратимое вращение. 8. Коэрцитивная сила по теории напряжений. 9. Коэрцитивная сила по теории включений.
-----	---------	-------------------------	--

КМ2	Контрольная работа 1	ПК-1-31;ПК-1-У1	<p>Вопросы к контрольной работе 1 (КР1) по разделу 1. Классический магнетизм. Магнитостатика</p> <p>1. <рисунок> 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. <рисунок> Поле создано прямолинейным длинным проводником с током I_1. Если отрезок проводника с током I_2 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. <рисунок> Магнитное поле создано двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2, расположенными перпендикулярно плоскости чертежа (рис). Векторы B_1 и B_2 в точке А направлены следующим образом ... Варианты ответа:</p> <p>1. B_1 – вверх; B_2 – вверх; 2. B_1 – вниз; B_2 – вверх; 3. B_1 – вверх; B_2 – вниз; 4. B_1 – вниз; B_2 – вниз;</p> <p>4. <рисунок> 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 B 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"> 1 при вращении рамки вокруг оси, параллельной силовым линиям магнитного поля 2 при вращении рамки вокруг оси, перпендикулярной силовым линиям магнитного поля 3 при поступательном движении рамки в направлении, параллельном силовым линиям магнитного поля 4 при поступательном движении рамки в направлении, перпендикулярном силовым линиям магнитного поля <p>7. <рисунок> На рисунке показаны сечения 3-х длинных параллельных проводников с токами и замкнутый контур L, для которого указано направление обхода. Если $I_1 = I_2 = I_3 = 1 \text{ A}$, то циркуляция вектора напряженности магнитного поля по контуру L, равна ...</p> <p>Варианты ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1 А 2. -1 А 3. 3 А 4. 2 А <p>Вопросы к контрольной работе 1 (КР1) по разделу 1. Классический магнетизм. Магнитостатика</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Направление вектора магнитной индукции поля, создаваемого проводником 2. Сила Ампера: модуль, направление. Взаимодействие проводников 3. Движение элементарных частиц в магнитном поле 4. Индукция магнитного поля 5. ЭДС индукции: условия возникновения 6. Вектор напряженности магнитного поля
КМЗ	Контрольная работа 2	ПК-1-31;ПК-1-У1	<p>Вопросы к контрольной работе 2 (КР2) по разделам 3. Атомный магнетизм, 4. Магнетизм слабомангнитных веществ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Атом Бора-Зоммерфельда. Магнетон Бора. 2. Опыт Штерна-Герлаха. Схема опыта и противоречия результатов эксперимента с квантовой теорией. 3. Спин и магнитный момент электрона. Спиновое квантовое число и отличие от орбитального магнитного момента. 4. Квантование орбит и квантовые числа 5. Орбитальный, спиновый и полный момент количества движения атома. Типы связи электронов в атомах: векторные схемы связей LS-типа и JJ-типа. 6. Парамагнетизм газов. Теория Ланжевена и функция Ланжевена. Закон Кюри. 7. Функция Бриллюэна. Свойства (намагниченность, восприимчивость) пара-магнетиков в сильных и слабых полях. 8. Парамагнетизм Ван Флека (поляризационный парамагнетизм). 9. Плотность состояний свободных электронов. Энергия Ферми. Парамагнетизм электронов проводимости: механизм Паули.

КМ4	Контрольная работа 3 по разделу 5	ПК-1-31;ПК-1-У1	<p>Раздел 5</p> <p>1. Ферромагнетики. Термодинамическая (формальная) теория ферромагнетизма: Свободная энергия в нулевом поле. Спонтанная намагниченность</p> <p>2. Ферромагнетики. Теория молекулярного поля Вейсса: Намагниченность газа взаимодействующих магнитных стрелок. Закон Кюри-Вейсса</p> <p>3. Теория молекулярного поля Вейсса: Квантовомеханическое представление. Случай высоких температур и малых полей. Случай низких температур</p> <p>4. Ферромагнитное упорядочение как фазовый переход</p> <p>5. Антиферромагнетики. Феноменологическая (в приближении молекулярного поля) теория антиферромагнетизма Нееля. Температура Нееля и асимптотическая точка Кюри</p> <p>6. Антиферромагнетики. Намагничивание антиферромагнетиков: Поперечная и продольная восприимчивость – объяснение различий</p> <p>7. Ферримагнетики. Феноменологическая теория (в приближении молекулярного поля) коллинеарных ферримагнетиков Нееля. Восприимчивость и асимптотическая точка Кюри</p> <p>8. Ферримагнетики. Диаграмма магнитных состояний. Точка компенсации</p>
5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашнее задание 1	ПК-1-31	Решение задач по разделам: 1. Классический магнетизм. Магнитостатика и 2. Термодинамика магнитных веществ
P2	Домашнее задание 2	ПК-1-31	Решение задач по разделу 5. Упорядоченные магнетики.
P3	Реферат	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<p>Темы рефератов:</p> <p>1. Опыт Штерна-Герлаха.</p> <p>2. Строение атома. квантование орбит.</p> <p>3. Опыт Эйнштейна и де Гааза.</p> <p>4. Эффект Зеемана.</p> <p>5. Эффект Пашена-Бака.</p> <p>6. Электронный парамагнитный резонанс.</p> <p>7. Диамагнетизм и свойства диамагнетиков.</p> <p>8. Парамагнетизм и свойства парамагнетиков.</p> <p>9. Магнитная восприимчивость электронного газа.</p> <p>10. Магнетизм нуклонов и ядер.</p>
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 В. Теорема о циркуляции вектора В"	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы

P5	<p>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"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P6	<p>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"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P7	<p>Практическая работа "Виды магнетиков. Намагниченность. Восприимчивость. Кривые намагничивания. Петля гистерезиса. Размагничивание"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы

P8	<p>Практическая работа "Термодинамика магнитных веществ. Работа намагничивания. Общие закономерности. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Магнотермические и магнетокалорические соотношения. Удельная теплоёмкость. Идеальные магнетики"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P9	<p>Практическая работа "Особенности термодинамического поведения некоторых магнетиков. Парамагнетики. Адиабатическое размагничивание. Магнетокалорический эффект. Вычисление магнитного момента тела. Статистическая сумма"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P10	<p>Практическая работа "Классификация веществ по магнитным свойствам. Диамагнетизм. Диамагнетизм электронной оболочки атома. Диамагнитная восприимчивость атомов и ионов. Диамагнитная восприимчивость химических соединений. Диамагнетизм сверхпроводников"</p>	ПК-1-В1;ПК-1-У1	Решение задач по теме работы

P11	Практическая работа "«Сильные» магнетики. Классический ферромагнетизм. Спонтанная намагниченность. Термодинамическая (формальная) теория ферромагнетизма"	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P12	Реферат по разделам 5 и 6	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Темы рефератов по разделам «Упорядоченные магнетики», «Энергия упорядоченных магнетиков» 1. Магнитная анизотропия. Механизмы магнитной анизотропии. Энергия магнитной анизотропии. Наведенная анизотропия. 2. Магнитострикция: изотропная и анизотропная. Материалы с гигантской анизотропной магнитострикцией. 3. Магнетизм веществ, не обладающих атомным магнитным порядком. Диамагнетики и парамагнетики. 4. Типы магнетизма. Микромагнетизм и спиновые стекла. Свойства спиновых стекол. 5. Типы магнетизма. Метамагнетизм и зародышевый ферромагнетизм.
P13	Реферат по разделам 7 и 8	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Темы рефератов по разделам: «Домены и доменная структура»; «Теория технической кривой намагничивания» 1. Методы наблюдения доменов и доменных границ. 2. Процессы перемагничивания. Критерии лимитирующего звена процесса перемагничивания. 3. Типы доменных границ в ферромагнетиках. Особые доменные границы. 4. Процесс намагничивания. Движение доменных границ во внешнем поле. Магнитный гистерезис. 5. Магнитные фазовые переходы.
P14	Практическая работа "Термодинамическая теория ферромагнитного фазового перехода. Основы квантовой механики. Волновые свойства частиц. Операторы. Средние значения величин. Уравнение Шрёдингера. Квантование момента импульса. Магнитное квантовое число"	ПК-1-В1;ПК-1-У1	Решение задач по теме работы
P15	Практическая работа "Критерий ферромагнетизма Стонера. Восприимчивость в модели Стонера. Зонные ферромагнетики при конечной температуре"	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы

P16	<p>Практическая работа "Виды обменного взаимодействия. Обменное взаимодействие в 3d-металлах. Условие возникновения ферромагнетизма. Кривая Слэтера-Полинга. Обменное взаимодействие в 4f-металлах. Расчёт s-f-взаимодействия (по Зинеру). Косвенное обменное взаимодействие – РККИ-взаимодействие в металлах. Геликоидальные структуры РЗМ"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P17	<p>Практическая работа "Ферримагнетизм. Теория ферримагнетизма Нееля. Асимптотическая точка Кюри. Точка компенсации. Ферримагнетики М-, Р-, Q-, N- и V-типа. Ферриты. Ферриты шпинели. Ферриты гранаты. Гексагональные ферриты. Гексаферриты М-, W-, Y-, Z-, U- и X-типа. Ферроокисланы. Ортоферриты. Перовскиты манганиты"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P18	<p>Практическая работа "Другие типы магнетизма веществ. Геликоидальный магнетизм. Спиро-, аспиро- и сперимагнетизм. Суперпарамагнетизм. Миктомагнетизм и спиновое стекло. Слабый (паразитный) ферромагнетизм. Метамагнетизм. «Зародышевый» ферромагнетизм"</p>	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы

P19	Практические занятия по тематике раздела «Упорядоченные магнетики»	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме "Упорядоченные магнетики"
P20	Практическая работа "Виды взаимодействий и энергии магнетиков. Энергия взаимодействия с магнитным полем. Энергия магнитного поля. Энергия обменного взаимодействия. Обменный гамма-тоннел. Энергетическая константа обмена"	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P21	Практическая работа "Наведённая (ориентационная) магнитная анизотропия. Анизотропия магнитного отжига. Анизотропия прокатки. Обменная магнитная анизотропия. Поверхностная магнитная анизотропия. Наведенная магнитная анизотропия, возникающая в процессе фазовых превращений. Другие виды наведенной магнитной анизотропии"	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы
P22	Практическая работа "Магнитостатическая энергия. Поле рассеяния и размагничивающее поле однородно намагниченных тел. Доменные структуры. Уравнение Лапласа для магнитостатического потенциала. Модели доменных структур Киттеля"	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Решение задач по теме работы

P23	Практическая работа "Практические занятия по тематике раздела «Энергия упорядоченных магнетиков»"	ПК-1-В1;ПК-1-У1	Решение задач по теме работы
P24	Практическая работа "Доменная структура. Размеры доменов. Замыкающие домены в одноосных кристаллах. Виды доменов. Домены в микрочастицах. Однодоменные частицы"	ПК-1-В1;ПК-1-У1	Решение задач по теме работы
P25	Практическая работа "Практические занятия по тематике раздела «Домены и доменная структура»"	ПК-1-В1;ПК-1-У1	Решение задач по теме работы
P26	Практическая работа "Практические занятия по тематике раздела «Теория технической кривой намагничивания» "	ПК-1-В1;ПК-1-У1	Решение задач по теме "Теория технической кривой намагничивания"

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

По курсу предусмотрен экзамен

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_01_

1. Ферромагнетики. Термодинамическая (формальная) теория ферромагнетизма: Свободная энергия в нулевом поле. Спонтанная намагниченность
2. Энергия магнитострикционной деформации – магнитоупругая энергия
3. Мало- и двухдоменные частицы

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_02_

- 1 Теория молекулярного поля Вейсса: Квантовомеханическое представление. Случай высоких температур и малых полей. Случай низких температур
- 2 Обменная (однонаправленная) магнитная анизотропия
- 3 Критический радиус однодоменной частицы

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_03_

- 1 Ферромагнитное упорядочение как фазовый переход
- 2 Наведённая магнитная анизотропия, возникающая в процессе отжига в магнитном поле
- 3 Цепочка сфер. Когерентное вращение

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_04_

- 1 Ферромагнетики. Диаграмма магнитных состояний. Точка компенсации
 - 2 Косвенное обменное взаимодействие. Теория Крамерса-Андерсона. Ферро- и антиферромагнитный суперобмен.
- Правила Гуденафа-Канамори
- 3 Доменные границы. Стенки Блоха

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

По курсу предусмотрен экзамен.

Оценка «отлично»

– обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо»

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

Оценка «удовлетворительно»

– обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно»

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

Оценка «не явка»

– обучающийся на экзамен 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	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 Леонид Михайлович, Ануфриев Александр Николаевич, Морченко Александр Тимофеевич	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 ОСНОВЫ ФИЗИКИ МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ: Учебное пособие. □ Киев: НТУУ «КПИ». 2004. □ 227 с. Ил. 72. Библ.: 9 назв.	http://me.kpi.ua/downloads/Poplavko_Magnetism.pdf
Э2	Основные формулы по физике - ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ https://infotables.ru/fizika/95-osnovnye-formuly-po-fizike-elektrichestvo-i-magnetizm	https://infotables.ru/fizika/95-osnovnye-formuly-po-fizike-elektrichestvo-i-magnetizm
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	http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/antonov/files/em_antonov2.pdf

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

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 «Физика магнитных явлений».

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.