

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 16:28:48

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 конденсированного состояния функциональных материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 6

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

40

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя 20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	40	40	40	40
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.ф.-.м.н., доц., Перминов А.С.; к.ф.-.м.н., зав.каф., Савченко А.Г.

Рабочая программа

Физика конденсированного состояния функциональных материалов

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Metallургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Metallургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании
Кафедра физического материаловедения

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, научить квалифицированному решению сложных профессиональных научных задач, специфике физики конденсированного состояния материалов с особыми свойствами, основам научно-технической деятельности в области физики конденсированного состояния функциональных материалов.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		2.1.2
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Академическое письмо	
2.1.2	Иностранный язык	
2.1.3	История и философия науки	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Аналитическая химия	
2.2.2	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.3	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.4	Геотехнология, горные машины	
2.2.5	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.6	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.7	Литейное производство	
2.2.8	Материаловедение	
2.2.9	Материаловедение	
2.2.10	Материаловедение	
2.2.11	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.12	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.13	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.14	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.15	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.16	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.17	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.18	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.19	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.20	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.21	Обогащение полезных ископаемых	
2.2.22	Обработка металлов давлением	
2.2.23	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.24	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.25	Теоретические основы проектирования горнотехнических систем	
2.2.26	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.27	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.28	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.29	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.30	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.31	Технология электрохимических процессов и защита от коррозии	
2.2.32	Физика конденсированного состояния	
2.2.33	Физика конденсированного состояния	
2.2.34	Физика конденсированного состояния	
2.2.35	Физика конденсированного состояния	
2.2.36	Физика конденсированного состояния	
2.2.37	Физика полупроводников	
2.2.38	Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ	
2.2.39	Электротехнические комплексы и системы	

А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях
Знать:
А-1-32 основные группы функциональных материалов и их специфику
А-1-31 основы научного поиска и его особенности в области физики конденсированного состояния функциональных материалов
А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты
Уметь:
А-3-У1 организовывать научно-исследовательские работы в области физики конденсированного состояния функциональных материалов
А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата
Уметь:
А-2-У1 проводить эксперимент и обрабатывать экспериментальные данные
А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях
Уметь:
А-1-У1 проводить научный поиск в области физики конденсированного состояния функциональных материалов
А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты
Владеть:
А-3-В1 опытом проведения научно-исследовательских работ в области физики конденсированного состояния функциональных материалов
А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата
Владеть:
А-2-В1 опытом проведения эксперимента в области физики конденсированного состояния и обработки его результатов
А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях
Владеть:
А-1-В1 опытом научного поиска и основами применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок

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. Функциональные материалы и их типы. Проблемы физики конденсированного состояния функциональных материалов							
1.1	Понятие функционального материала. Основные типы функциональных материалов. /Лек/	6	2	А-1-31 А-1-32	Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.13Л2.11 Л2.13 Л2.14 Л2.15 Л2.16 Э1			
1.2	Управление проектами на примере научно-исследовательского проекта при разработке функционального материала. Менеджмент рисков. Авторский надзор. Патентный поиск /Лек/	6	2	А-1-31 А-3-31 А-3-У1	Л1.2 Л1.12 Л1.15 Л1.16 Л1.18Л2.1 Л2.2 Л2.9 Л2.14Л3.1			

1.3	Освоение материалов раздела 1 /Ср/	6	2	A-1-31 A-3-31	Л1.6 Л1.13 Л1.16Л2.14			
	Раздел 2. Структурные методы исследования материалов							
2.1	Рентгеновская дифракция. Методы рентгеноструктурного анализа (РСА) /Лек/	6	4	A-2-31	Л1.5 Л1.10 Л1.11Л2.10 Л2.12Л3.2 Э2 Э3			
2.2	Получение дифракционных спектров материалов. Проведение качественного и количественного фазового анализа /Лаб/	6	2	A-2-31	Л1.5 Л1.10 Л1.11Л2.10 Л2.12Л3.2 Э3			P1
2.3	Проведение фазового анализ образца, определение параметров тонкой кристаллической структуры различными методами /Пр/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.5 Л1.10 Л1.11Л2.10 Л2.12Л3.1 Э3			P2
2.4	Микроскопические методы. Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. /Лек/	6	2	A-2-31	Л1.1 Л1.4 Л1.10 Л1.11Л2.10 Л2.12			
2.5	Получение микроскопических изображений и дифракционных картин. /Лаб/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.11Л2.10 Л2.12			P3
2.6	Получение микроскопических изображений и карт распределения элементов. /Пр/	6	2	A-2-У1 A-2-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.11Л2.10 Л2.12			P4
2.7	Получение изображений с помощью атомно-силой микроскопии с разными типами контраста /Лаб/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.10 Л1.11Л2.10 Л2.12			P5
2.8	Спектроскопические методы. Методы электронной спектроскопии. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФС). Методы ионной спектроскопии. Вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС). /Лек/	6	2	A-2-31	Л1.1 Л1.4 Л1.11Л2.10 Л2.12			
2.9	Сравнительная характеристика спектроскопических методов /Пр/	6	2	A-2-У1 A-2-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.11Л2.10 Л2.12			P6
2.10	Подготовка к практическим и лабораторным работам по разделу. Освоение теоретического материала раздела. /Ср/	6	10	A-2-31	Л1.1 Л1.4 Л1.11Л2.10 Л2.12Л3.2 Э2 Э3			
	Раздел 3. Физические методы исследования материалов							

3.1	Физические методы исследования функциональных материалов и их классификация. Описание методов измерений и испытаний. /Лек/	6	2	A-2-31	Л1.14Л2.3 Э4			
3.2	Методы исследования теплофизических свойств /Лек/	6	2	A-2-31	Л1.14Л2.3			
3.3	Методы исследования электрических свойств /Лек/	6	2	A-2-31	Л1.14Л2.3			
3.4	Методы исследования магнитных свойств /Лек/	6	2	A-2-31	Л1.14Л2.3			
3.5	Калориметрический анализ превращений в твердых телах /Лаб/	6	4	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.17			P7
3.6	Виды калориметрических измерений по способу ввода тепла и способу получения измерительного сигнала. Режимы калориметрических измерений /Пр/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.14			P8
3.7	Электрические измерения. Методы измерения удельного электрического сопротивления. Метод амперметра–вольтметра. Мостовой и потенциометрический метод измерения сопротивления. Метод двойного моста. /Пр/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.14			P9
3.8	Измерение статических магнитных параметров магнитного материала с помощью гистерезисграфа /Лаб/	6	3	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.9			P10
3.9	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям раздела. Освоение теоретического материала /Ср/	6	10	A-2-31	Л1.14Л2.3			
	Раздел 4. Физика магнитных явлений							
4.1	Обменное взаимодействие. Фундаментальные основы обменного взаимодействия. Природа обменного взаимодействия. Прямое и косвенное взаимодействие и их модели. /Лек/	6	2	A-1-31 A-1-32 A-2-31	Л1.19Л2.7 Л2.8			

4.2	<p>Спиновые волны. Квазиклассическая и квантовая теории спиновых волн в ферромагнетиках. Спиновые волны в антиферромагнетиках. Низкотемпературная термодинамика ферромагнетиков (газ невзаимодействующих магнонов). Расходимости магнонных чисел заполнения в двумерных магнетиках в отсутствие внешнего поля. Гамильтониан магнон-магнонного взаимодействия в ферромагнетиках (трех- и четырехчастичное слагаемые). Разные области доминантности магнитодипольных и обменных нелинейностей. /Лек/</p>	6	2	A-1-31 A-1-32 A-2-31	Л1.19Л2.7 Л2.8			
4.3	<p>Термодинамика магнитных явлений. Теплоемкость при постоянной намагниченности и постоянном магнитном поле. Ферромагнитная аномалия теплоемкости. Теоретические основы магнитокалорического эффекта. Экспериментальное наблюдение. Материалы с гигантским магнитокалорическим эффектом. Интерметаллиды $LaFe_{3-x}M_x$ ($M = Al, Si$). $Gd_5(Ge, Si)_4$ и связанные с ними соединения. Сплавы Гейслера на основе Mn. Соединения в системе Mn-As. /Лек/</p>	6	2	A-1-31 A-1-32 A-3-31	Л1.19			
4.4	<p>Биомагнетизм. Чувствительность живых организмов к магнитному полю. Магнетотаксис. Магнитное поле Земли и ориентация животных в пространстве. «Окна чувствительности» по амплитуде, градиенту и частоте и эффективность воздействия электромагнитных полей на живые организмы. /Пр/</p>	6	2	A-1-32 A-1-У1 A-1-В1 A-3-У1 A-3-В1	Л1.19			

4.5	Концептуальные устройства спинтроники. Оперативная память с передачей крутящего момента, спин-поляризованный полевой транзистор и квантовый процессор на основе спиновых кубитов, а также их потенциальное влияние на информационные технологии. /Пр/	6	3	A-1-31 A-1-32 A-1-У1 A-1-В1 A-3-У1 A-3-В1	Л1.19Л2.17			
4.6	Процессы намагничивания. Построение кривой намагничивания на установке МК-3Э /Лаб/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.17			P13
4.7	Магнитный гистерезис. Измерение магнитных свойств на вибромагнитометре /Лаб/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.9			P14
4.8	Подготовка к практическим и лабораторным работам раздела. Освоение теоретического материала раздела. Подготовка реферата по курсу /Ср/	6	16	A-1-31 A-1-32 A-2-31 A-3-31	Л1.9 Л1.17		КМ1	
4.9	Магнитный резонанс. Магнитные дипольные моменты ядра и электрона. Вектор макроскопической намагниченности. Поведение вектора макроскопической намагниченности в постоянном магнитном поле. Эффект Зеемана. Воздействие переменного магнитного поля на спиновую систему. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Уровни энергии. Частоты переходов. Интенсивность сигналов ЯМР. /Лек/	6	2	A-1-31 A-1-32 A-2-31	Л1.19Л2.7 Л2.8			
4.10	Спинтроника и её физические основы. Теория гигантского магнитосопротивления в магнитных наногетероструктурах. Материалы спинтроники нового поколения. Синтез и описание некоторых новых магнитных материалов спинтроники: ферромагнитные оксиды и разбавленные магнитные полупроводники IV группы. /Лек/	6	2	A-1-31 A-1-32 A-2-31	Л1.19Л2.17			
4.11	Магнетизм и магнитные домены в системах пониженной размерности /Лек/	6	2	A-1-31 A-1-32 A-2-31	Л1.19Л2.4 Л2.6			
	Раздел 5. Биомедицинские наноматериалы и нанотехнологии							

5.1	Применения функциональных материалов, в том числе наноматериалов, в биомедицине /Лек/	6	2	A-1-31 A-1-32	Л1.3Л2.5			
5.2	Наночастицы и наноструктурированные наноматериалы в биомедицинских исследованиях и биомедицинской практике /Пр/	6	2	A-1-32	Л1.3			
5.3	Подготовка к практическому занятию и освоение теоретического материала раздела /Ср/	6	2	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.3Л2.5			P15

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	Реферат - зачетная работа по курсу	A-2-31;A-1-32;A-1-31	Примеры тем рефератов (выбор темы согласуется с преподавателем): 1) Тип функционального материала, технология его производства, физические основы формирования в нем функциональных свойств (тип материала согласуется с преподавателем); 2) Особенности применения структурных методов исследования функциональных материалов (тип материала и метод согласуется с преподавателем); 3) Особенности применения физических методов исследования функциональных материалов (тип материала и метод согласуется с преподавателем); 4) Биоматериалы и их применение в медицине и биологии (точная формулировка темы согласуется с преподавателем); 5) Специфика организации научно-исследовательских работ в области функциональных материалов (тип материала согласуется с преподавателем); 6) Основы физики магнитных явлений в различного типа функциональных материалах (тема согласуется с преподавателем)

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	Лабораторная работа 1	A-2-31	Получение дифракционных спектров материалов. Проведение качественного и количественного фазового анализа
P2	Практическое занятие 1	A-2-У1;A-2-31;A-3-31;A-3-В1;A-3-У1	Проведение фазового анализ образца, определение параметров тонкой кристаллической структуры различными методами
P3	Лабораторная работа 2	A-3-31;A-3-У1;A-2-31;A-2-У1;A-3-В1	Получение микроскопических изображений и дифракционных картин.
P4	Практическое занятие 2	A-2-У1;A-2-В1	Получение микроскопических изображений и карт распределения элементов.
P5	Лабораторная работа 3	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1	Получение изображений с помощью атомно-силой микроскопии с разными типами контраста
P6	Практическое занятие 3	A-2-У1;A-2-В1	Сравнительная характеристика спектроскопических методов
P7	Лабораторная работа 4	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1	Калориметрический анализ превращений в твердых телах

P8	Практическое занятие 4	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1	Виды калориметрических измерений по способу ввода тепла и способу получения измерительного сигнала. Режимы калориметрических измерений
P9	Практическое занятие 5	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1	Электрические измерения. Методы измерения удельного электрического сопротивления. Метод амперметра–вольтметра. Мостовой и потенциометрический метод измерения сопротивления. Метод двойного моста.
P10	Лабораторная работа 5	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1	Измерение статических магнитных параметров магнитного материала с помощью гистерезисграфа
P11	Практическое занятие 6	A-3-У1;A-3-В1;A-1-32;A-1-У1;A-1-В1	Биомагнетизм. Чувствительность живых организмов к магнитному полю. Магнетотаксис. Магнитное поле Земли и ориентация животных в пространстве. «Окна чувствительности» по амплитуде, градиенту и частоте и эффективность воздействия электромагнитных полей на живые организмы.
P12	Практическое занятие 7	A-3-У1;A-3-В1;A-1-31;A-1-32;A-1-У1;A-1-В1	Концептуальные устройства спинтроники. Оперативная память с передачей крутящего момента, спин-поляризованный полевой транзистор и квантовый процессор на основе спиновых кубитов, а также их потенциальное влияние на информационные технологии.
P13	Лабораторная работа 6	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1	Процессы намагничивания. Построение кривой намагничивания на установке МК-3Э
P14	Лабораторная работа 7	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1	Магнитный гистерезис. Измерение магнитных свойств на вибромагнитометре
P15	Практическая работа 8	A-1-32;A-1-У1;A-1-В1	Наночастицы и наноструктурированные наноматериалы в биомедицинских исследованиях и биомедицинской практике

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

Экзамен по курсу не предусмотрен

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

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

оценка "зачет" - аспирант выполнил и защитил все лабораторные и практические работы, подготовил на удовлетворительном уровне зачетную работу-реферат;

оценка "незачет" - аспирант не справился с выполнением календарного плана, выполнил и/или защитил не все практические работы, контрольное мероприятие выполнено на оценку "неудовлетворительно";

оценка "не явка" аспирант не явился на занятия в семестре.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Кларк Э. Р., Эберхардт К. Н., Баженов С. Л.	Микроскопические методы исследования материалов: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2007
Л1.2	Мордасов Д. М., Мордасов М. М.	Промышленная интеллектуальная собственность и патентование материалов и технологий: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2014
Л1.3	Поляков В. В.	Биомедицинские нанотехнологии: учебное пособие	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2018
Л1.4	Панова Т. В.	Современные методы исследования вещества: электронная и оптическая микроскопия: учебное пособие	Электронная библиотека	Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2016

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.5	Векилова Галина Владимировна, Иванов А. Н., Ягодкин Юрий Дмитриевич	Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009
Л1.6	Мишин Д. Д.	Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1991
Л1.7	Арзамасов Б. Н., Сидорин И. И., Косолапов Г. Ф., др., Арзамасов Б. Н.	Материаловедение: Учебник	Библиотека МИСиС	М.: Машиностроение, 1986
Л1.8	Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Войткун Ф., Солнцев Ю. П.	Материаловедение: Учебник для студ. вузов, обуч. по металлург., машиностроит. и общетехн. спец.	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1999
Л1.9	Перминов Александр Сергеевич, Шуваева Евгения Александровна, Введенский Вадим Юрьевич, Лилеев Алексей Сергеевич	Методы испытаний магнитных материалов: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л1.10	Бублик Владимир Тимофеевич, Мильвидский Андрей Михайлович	Методы исследования материалов и структур электроники. Рентгеновская дифракционная микроскопия: курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л1.11	Брандон Д., Каплан У., Баженов С. Л., Егорова С. В.	Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учеб. пособие для студ. напр. 'Прикладные математика и физика': пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Техносфера, 2004
Л1.12	Караваяев Евгений Петрович, Костюхин Юрий Юрьевич, Ильичев Игорь Павлович, др.	Управление проектами: практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л1.13	Кекало И. Б., Самарин Б. А.	Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами: учебник для вузов по спец. 'Физика металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1989
Л1.14	Введенский В. Ю., Лилеев А. С., Перминов А. С.	Экспериментальные методы физического материаловедения: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.15	Рожнов Андрей Борисович, Турилина Вероника Юрьевна	Патентные исследования. Анализ патентной ситуации: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.16	Ципес Григорий Львович, Товб Александр Самуилович, Нежурина Марина Игоревна, Коротких Маргарита Геннадиевна	Управление проектами в современной организации (N 3829): учебно-метод. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л1.17	Перминов Александр Сергеевич, Введенский Вадим Юрьевич, Шуваева Евгения Александровна, Могильников Павел Сергеевич	Физические свойства твердых тел (N 3509): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л1.18	Вихрова Наталья Олеговна	Экономика инноваций. Инновационные риски (N 3810): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л1.19	Боровик Е. С., Еременко В. В., Мильнер А. С.	Лекции по магнетизму: курс лекций	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2005

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Новиков Д. А.	Управление проектами: организационные механизмы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: ПМСОФТ, 2007
Л2.2	Вострыкина М. К.	Интеллектуальная собственность: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория книги, 2010
Л2.3	Каныгина О. Н., Четверикова А. Г., Бердинский В. Л.	Физические методы исследования веществ: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2014
Л2.4	Анисимова Н. И., Грабов В. М., Зайцев А. А., Ляпцев А. В., Ханин С. Д.	Учебно-методический комплекс по сетевой образовательной программе «Физика наноструктур и нанoeлектроника»	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2013
Л2.5		Биохимия и молекулярная биология: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2015
Л2.6	Корабельников Д. В., Кравченко Н. Г., Поплавной А. С.	Физика наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016
Л2.7	Кринчик Г. С.	Физика магнитных явлений	Электронная библиотека	Москва: Московский университет, 1976
Л2.8	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
Л2.9	Мордасов М. М., Мордасов Д. М.	Промышленная интеллектуальная собственность: практикум	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2017

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.10	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л2.11	Добаткин Сергей Владимирович	Наноматериалы. Объемные металлические нано- и субмикроструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л2.12	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2002
Л2.13	Кекало Игорь Борисович, Менушенков Владимир Павлович	Быстрозакаленные магнитно- твердые материалы системы Nd-Fe-B: Курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л2.14	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
Л2.15	Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С.	Новые материалы	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2002
Л2.16	Крутогин Дмитрий Григорьевич	Функциональные материалы электроники и их технологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л2.17	Борисенко В. Е., Данилюк А. Л., Мигас Д. Б.	Спинтроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2021

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Перминов Александр Сергеевич, Введенский Вадим Юрьевич, Лилеев Алексей Сергеевич	Сертификация магнитных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л3.2	Иванов А. Н., Поляков А. М.	Анализ несовершенств кристаллического строения по профилю и интенсивности рентгеновских отражений: учеб. пособие для студ. спец. 0709.00 и напр. 5104.3 и 5104.11	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2002

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	ГОСТ Р 56748.2-2016/ISO/TS 12901-2:2014 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 2. Порядок принятия решения по управлению риском /Техноэксперт. Электронный Фонд правовой и нормативно-технической документации. Url: http://docs.cntd.ru/document/1200141427 . Открытый доступ	http://docs.cntd.ru/document/1200141427
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY	http://elibrary.ru/
Э3	Inorganic Crystal Structure Database:	https://pl.misis.ru:5019/RPD/Index/1685435/%20http://www.fiz-karlsruhe.de/icsd.html
Э4	Журавлёв Л.Г., Филатов В.И. Физические методы исследования металлов и сплавов: учебное пособие для студентов металлургических специальностей. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. - 157 с. Электронный ресурс. Режим доступа: https://techlibrary.ru/b/2o1u1r1a1c1m1f1c_2t.2k.,_3c1j1m1a1t1p1c_2j.2q._3c1j1i1j1y1f1s1l1j1f_1n1f1t1p1e2c_1j1s1s1m1f1e1p1c1a1o1j2g_1n1f1t1a1m1m1p1c_1j_1s1q1m1a1c1p1c_2004.pdf	https://techlibrary.ru/b/2o1u1r1a1c1m1f1c_2t.2k.,_3c1j1m1a1t1p1c_2j.2q._3c1j1i1j1y1f1s1l1j1f_1n1f1t1p1e2c_1j1s1s1m1f1e1p1c1a1o1j2g_1n1f1t1a1m1m1p1c_1j_1s1q1m1a1c1p1c_2004.pdf

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.2	Springer materials https://materials.springer.com/
И.3	NCSS: Statistical Software https://www.ncss.com/
И.4	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.5	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.6	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news
И.7	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.8	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.9	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.10	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.11	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-400	УНЛ "Центр рентгеноструктурных исследований и диагностики материалов":	дифрактометры: ДРОН-4, Rigaku MiniFlex, Rigaku Ultima IV, Rigaku SmartLab; установка измерения физических свойств Quantum Design PPMS; вакуумные печи; высококоэнергетические мельницы; мессбауэровский спектрометр
Б-016	Международная школа микроскопии:	просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-1400 (STEM conf.); сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-IT500LA (+JEOL EDS); атомно-силовой микроскоп AIST-NT SmartSPM-1000 (AFM, MFM, SPM); комплекс пробоподготовки в составе: JEOL IonSlicer-9100IS; Struers Tenupol-5 с криостатом; Struers Lectropol-5 с криостатом. Зал на 11 рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами с подключением сети "Интернет" и электронной информационно-образовательной среде университета, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели, проектор (2 шт), интерактивная доска, экран

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
Б-413	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
119	Учебно-научная лаборатория перспективных магнитотвердых материалов:	технологическое оборудование: вакуумная индукционная плавильная печь АСЕС; лабораторная установка для получения быстрозакаленных сплавов; планетарная шаровая (САНД) и шаровая вибромельницы; гидравлический пресс (100 кН); вакуумные печи типа СНВ, СШВЛ; лабораторная установка для проведения термомагнитной обработки магнитов. Измерительное оборудование: вибромагнетометр «Меридиан-2»; гистерезисграф «УИФИ-400»; импульсная намагничивающая установка «Мишень» (максимальное амплитуда поля – 100 кЭ); рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М; оптические микроскопы ММР-2 и «Neophot-21»
Б-419	Аудитория для самостоятельной работы	комплект учебной мебели на 6 рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, доска
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении курса большое внимание следует уделить самостоятельной работе с учебниками, справочной литературой и текущими публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах по рассматриваемым темам курса. Работе на оборудовании, приготовлении образцов, получению и обработке результатов исследования.

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

- вопросов для самоконтроля, изложенных в литературе,
- индивидуального задания, согласованного с руководителем аспиранта.

Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов организуются консультации преподавателей.