

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.07.2023 15:40:31

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)

Основы технологии углеродных наноматериалов

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Материалы и технологии магнитоэлектроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

110

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	110	110	110	110
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дтн, профессор, Козлов Владимир Валентинович

Рабочая программа

Основы технологии углеродных наноматериалов

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, 11.04.04-МЭН-22-1.plx Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин В.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель дисциплины - научить представлениям и понятиям теории о наноматериалах (структура; квантово-размерный эффект; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); синтезу углеродных наноматериалов (фуллерен, углеродные нанотрубки, углеродная пена, графен) с полупроводниковыми свойствами и углеродных нанокомпозитов с модифицированными химическими свойствами на основе полимеров, которые содержат искривленные углеродные плоскости (сферические, кольцеподобные и тубуленоподобные образования); особенностям физических и химических свойств и их взаимозависимости, содержащих химические связи атомов углерода с типами гибридизации sp ¹ , sp ² и sp ³ и гетероатомы, способными сопрягаться с биологическими субстанциями и изменять физические и химические свойства (электрическую проводимость, оптоэлектронные свойства, плотность, адсорбцию, работу выхода электронов, электромагнитное поглощение, каталитические и сенсорные свойства).
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:	Б1.В.ДВ.05
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Компьютерные технологии в научных исследованиях
2.2.2	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники
2.2.3	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники
2.2.4	Методы исследования материалов
2.2.5	Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур
2.2.6	Научно-исследовательская практика
2.2.7	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2
2.2.8	Физико-химия и технология наноструктур
2.2.9	Высоковакуумное оборудование
2.2.10	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии
2.2.11	Наноструктурированные покрытия, порошки и технологии их получения
2.2.12	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (английский язык)
2.2.13	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (немецкий язык)
2.2.14	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (французский язык)
2.2.15	Приборы и устройства магнитоэлектроники
2.2.16	Проектирование и технология электронной компонентной базы
2.2.17	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.18	Технологии получения материалов
2.2.19	Физика и техника магнитной записи
2.2.20	Электретные и магнитоэлектрические материалы и технологии их получения
2.2.21	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.22	Преддипломная практика

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Знать:
ОПК-1-31 Методы синтеза и средства контроля углеродных наноматериалов, включая их структуру, химический состав и морфологию.
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Знать:
ПК-2-31 Методы синтеза и средства контроля углеродных наноматериалов, включая их структуру, химический состав и морфологию.
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Знать:
ПК-1-31 Зависимость изменения свойств с помощью квантово-размерного эффекта для прогнозирования свойств углеродных наноматериалов.

УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Знать:
УК-1-31 Физические и химические свойства наноматериалов
ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники
Знать:
ПК-4-31 Физические и химические превращения в полимере при ИК нагреве
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У1 Применение инфракрасного нагрева полимеров для синтеза углеродных наноматериалов.
ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники
Уметь:
ПК-4-У1 Выбрать и обосновать метод синтеза углеродных наноматериалов
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Уметь:
ПК-1-У1 Физические и химические превращения в полимере при ИК нагреве
ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Уметь:
ОПК-1-У1 Синтез углеродного наноматериала из полимеров
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Уметь:
УК-1-У1 Измерить параметры и свойства углеродных наноматериалов.
Владеть:
УК-1-В1 Опытном анализа и решения задач оптимизации параметра свойства вещества в нанокристаллическом состоянии.
ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники
Владеть:
ПК-4-В1 Методом комплексного описания задачи, выбора цели и решения научных исследований с применением различных методов исследования наноматериалов
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Владеть:
ПК-1-В1 Методиками выбора, обоснования и расчета параметров свойств углеродного наноматериала
ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Владеть:
ОПК-1-В1 Методом анализа литературы для поиска информации о различных свойствах вещества в нанокристаллическом

состоянии, синтеза, а также решения теоретических и практических задач получения контролируемых свойств.

ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций

Владеть:

ПК-2-В1 Опытном анализе и решении задач оптимизации параметра свойства вещества в нанокристаллическом состоянии

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. Перспективные свойства веществ в нанокристаллическом состоянии. Актуальность наноматериалов на основе углерода.							
1.1	Перспективные свойства веществ в нанокристаллическом состоянии. Актуальность наноматериалов на основе углерода. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.7 Л1.8Л2.8 Л2.10Л3.1 Э1		КМ1	Р1
1.2	Расчет составов разрабатываемых композитов. Свойства органических соединений как источников углеродных материалов. /Пр/	1	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.6Л2.2 Л2.7Л3.2 Э2		КМ2	Р2
1.3	Применение метода снизу-вверх для синтеза углеродного наноматериала /Ср/	1	24	ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6Л3.2 Э3		КМ3	Р4,Р3
	Раздел 2. Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); методы синтеза углеродных наноматериалов (фуллениды, тубулены, графеноподобные материалы) наноматериалов							
2.1	Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); методы синтеза углеродных наноматериалов (фуллениды, тубулены, графеноподобные материалы) наноматериалов /Лек/	1	5	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.4Л2.8Л3.3 Э1		КМ1	Р1

2.2	Свойства гетерогенных систем. Контроль свойств наноматериала с помощью квантово-размерного эффекта. Методы синтеза углеродных нанокомпозитов. /Пр/	1	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.9 Л1.10Л2.4 Л2.8 Л2.9Л3.4 Э3		КМ2	Р2
2.3	Модифицирование свойств углеродного наноматериала с помощью квантово-размерного эффекта /Ср/	1	31	ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.4Л2.8Л3.6 Э2		КМ3	Р4,Р3
	Раздел 3. Диффузионные и кинетические процессы реакций синтеза наночастиц. Особенности процессов физических и химических методов синтеза наночастиц.							
3.1	Диффузионные и кинетические процессы реакций синтеза наночастиц. Особенности процессов физических и химических методов синтеза наночастиц. /Лек/	1	8	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.8Л3.5 Э1		КМ1	Р1
3.2	Особенности метода получения углеродных наноматериалов с помощью ИК-нагрева полимеров. Синергетический эффект ИК-нагрева при воздействии на органическое вещество. Диффузионная и кинетическая стадия процессов карбонизации полимеров. /Пр/	1	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2Л2.8 Л2.10Л3.6 Э3		КМ2	Р2
3.3	Определение температуры плавления нанокристаллических пленок /Ср/	1	28	ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.4Л2.5Л3.7 Э2		КМ3	Р4,Р3
	Раздел 4. Кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов; определение параметров стадий синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая). Современные методы контроля процессов синтеза наночастиц.							

4.1	Кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов; определение параметров стадий синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая). Современные методы контроля процессов синтеза наночастиц. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.5Л2.1Л3. 7 Э1		КМ1	Р1
4.2	Кинетические особенности синтеза металлоуглеродных нанокompозитов при ИК-нагреве металлополимерных композитов. Стабилизация металлических наночастиц в полимерной матрице. Механизм образования металлических наночастиц при ИК-нагреве металлополимерного композита. /Пр/	1	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.10Л3 .2 Э2		КМ2	Р2
4.3	Методы исследования свойств наноматериалов (УФ-спектроскопия, термогравиметрический анализ) /Ср/	1	27	ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.2Л2.3Л3. 6 Э3		КМ3	Р4,Р3

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	Тест	ОПК-1-31	Метод инфракрасного нагрева полимеров для синтеза углеродных наноматериалов: Синергетический эффект ИК-нагрева Превращения в полимере при ИК-нагреве Измерить параметры и свойства углеродных наноматериалов: Температурная зависимость проводимости для УНМ и нанокompозита Me/C Зависимость свойств от размера и числа атомов в наночастице Методом анализа литературы для поиска информации о различных свойствах вещества в нанокристаллическом состоянии, синтеза, а также решения теоретических и практических задач получения контролируемых свойств Принцип самоорганизации системы. Механические свойства наноструктур.
КМ2	Коллоквиум	УК-1-31;ПК-1-31	Зависимость изменения свойств с помощью квантово-размерного эффекта для прогнозирования свойств углеродных наноматериалов. Зависимость размеров и доли поверхностных атомов от числа атомов в наночастице Свойства квантовых точек, проволок и ям. Квантово-размерный эффект. Методики выбора, обоснования и расчета параметров свойств углеродного наноматериала Определение понятия нанотехнология. Два направления нанотехнологии. Методы синтеза и средства контроля углеродных наноматериалов, включая их структуру, химический состав и морфологию. Механизм роста углеродных нанотрубок Свойства фуллеренов.

КМЗ	Контрольная работа	ПК-2-31;ПК-4-31	<p>Опыт анализа и решения задач оптимизации параметра свойства вещества в нанокристаллическом состоянии</p> <p>Исследование кинетики процесса синтеза наноматериалов с помощью метода термогравиметрического анализа</p> <p>Темплатный метод синтеза наноструктур</p> <p>Выбор и обоснование метода синтеза углеродных наноматериалов</p> <p>Механизм синтеза металлоуглеродных нанокомпозитов под действием ИК-нагрева</p> <p>Метод получения углеродного нанокристаллического материала</p> <p>Метод комплексного описания задачи, выбора цели и решения научных исследований с применением различных методов исследования наноматериалов</p> <p>Метод образования наночастиц металлов в полимерах термическим разложением прекурсоров</p> <p>Золь-гель метод получения наноматериала</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	Применение метода снизу-вверх для синтеза углеродного наноматериала	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Методы синтеза наноматериалов. Особенность метода синтеза методом снизу-вверх. Эффективность метода снизу-вверх при ИК-нагреве. Методы контроля синтеза наноматериала. Модификация свойств нанокомпозита с помощью кванто-размерного эффекта.
P2	Модифицирование свойств углеродного наноматериала с помощью кванто-размерного эффекта	УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-У1	Свойства углеродного нанокристаллического материала. Превращения полиакрилонитрила при нагреве. Применение метода рентгенофазового анализа для измерения кристаллитов. Практическое применение углеродного нанокристаллического материала.
P3	Определение температуры плавления нанокристаллических пленок	ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Свойства нанокомпозитов. Изменение свойств из-за кванто-размерного эффекта. Зависимость температуры плавления наночастиц от их размера. Практическое применение нанокомпозита Ag/полимер для получения омического контакта с высокой электропроводностью.
P4	Методы исследования свойств наноматериалов (УФ-спектроскопия, термогравиметрический анализ)	ПК-4-В1;ПК-4-У1	Модифицирование свойств наноматериалов благодаря кванто-размерному эффекту. Применение УФ и видимой спектроскопии и термогравиметрического анализа для контроля процессов синтеза наноматериалов. Изучение растворения и кинетических параметров с помощью УФ и видимой спектроскопии и термогравиметрического анализа.

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

Экзамен не предусмотрен

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

Зачет проставляется после выполнения всех практических домашних работ. Оценка зачета выставляется как средняя арифметическая величина от суммы оценок за контрольные мероприятия.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Барыбин А. А., Бахтина В. А., Томилин В. И., Томилина Н. П.	Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Белецкая М. Г., Богданович Н. И., Макаревич Н. А.	Технология углеродных адсорбентов: физико-химический анализ активных углей : учебное пособие к лабораторному практикуму: учебное пособие	Электронная библиотека	Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2015
Л1.3	Шурыгина Л. И., Суровой Э. П., Бугерко Л. Н.	Основы теории физико-химических процессов в гетерогенных системах: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2015
Л1.4	Чаплыгин Ю. А.	Нанотехнологии в электронике	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2013
Л1.5	Булидорова Г. В., Романова К. А., Галяметдинов Ю. Г.	Кинетика гетерогенных и каталитических реакций: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2017
Л1.6	Смычѣк М. А.	Технологические процессы в микро- и наноэлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019
Л1.7	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанозлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.8	Харрис П., Чернозатонский Л. А.	Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века: Пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Техносфера, 2003
Л1.9	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Улыбин В. А.	Технология эпитаксиальных слоев и гетерокомпозиций: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 200100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л1.10	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Грахов А. Е., Ю-Винг М., Жонг-Женг Ю.	Полимерные нанокомпозиты: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2011
Л2.2	Койи Н., Куплетская Н. Б., Эпштейн Л. М., Мальцев А. А.	Инфракрасные спектры и строение органических соединений: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1965
Л2.3	Филимонова Н. И., Кольцов Б. Б.	Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л2.4	Козлов Г. В., Заиков Г. Е., Стоянов О. В., Кочнев А. М.	Дисперсно-наполненные полимерные нанокомпозиты: монография	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2012
Л2.5	Садова А. Н., Кузнецова О. Н., Серова В. Н., Заикин А. Е., Стоянов О. В.	Технология получения полимерных пленок из расплавов и методы исследования их свойств: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013
Л2.6	Пугачев В. М.	Химическая технология: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.7	Кутакова Н. А., Богданович Н. И., Селянина С. Б., Коптелова Е. Н., Коровкина Н. В.	Лабораторный практикум по технологии биологически активных веществ и углеродных адсорбентов: учебное пособие	Электронная библиотека	Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2015
Л2.8	Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е.	Наноуглеродные функциональные материалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л2.9	Саваторова В. Л., Белый А. А.	Математическое моделирование процессов кондуктивной теплопередачи в гетерогенных средах с периодической структурой	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2010
Л2.10	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Вологжанина С. А., Петкова А. П., Солнцев Ю. П.	Нанотехнологии и специальные материалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Химиздат, 2020
Л3.2	Илюшин В. А.	Физикохимия наноструктурированных материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л3.3	Звонарев С. В., Кортов В. С., Штанг Т. В.	Моделирование структуры и свойств наносистем: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л3.4	Шубин И. Н., Блинов С. В., Пасько Т. В., Баранов А. А., Блохин А. Н.	Диагностика физико-механических характеристик наноматериалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015
Л3.5	Дробот П. Н.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: ТУСУ, 2016
Л3.6	Корабельников Д. В., Кравченко Н. Г., Поплавной А. С.	Физика наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016
Л3.7	Трахтенберг Л. И., Мельников М. Я.	Металл/полупроводник содержащие нанокомпозиты: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2016

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Основы технологии углеродных наноматериалов	https://www.sciencedirect.com
Э2	Scopus	www.scopus.com
Э3	Springermaterials	https://materials.springer.com

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	ANSYS Academic Research CFD

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	ScienceDirect (www.sciencedirect.com)
-----	--

И.2	Scopus (www.scopus.com)
И.3	SPRINGERMATERIALS (https://materials.springer.com)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
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
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

Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя литературу, указанную в разделе Содержание.