

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 14:50:46

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)

Термодинамика и микротехнология многосоставных гетероструктур

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Технологии микро- и нанoeлектроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

56

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	18			
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	56	56	56	56
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дтн, профессор, Козлов Владимир Валентинович

Рабочая программа

Термодинамика и микротехнология многокомпонентных гетероструктур

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-23-3.plx Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Научить особенностям термодинамики и микротехнологии многокомпонентных гетероструктур, включающие структуры, состоящих из небольшого числа атомов; применению знаний для разработки технологии получения гетероструктур, содержащих модифицированные и стабилизированные изолированных наноструктуры со способностью самосборки в более сложные структуры; методам контроля микротехнологии и многокомпонентных гетероструктур.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.05
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.2	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.3	Конструирование светоизлучающих устройств	
2.1.4	Конструирование фотопреобразователей	
2.1.5	Методы математического моделирования	
2.1.6	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.7	Физика квантоворазмерных полупроводниковых гетерокомпозиций	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике	
2.2.2	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (английский язык)	
2.2.3	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (немецкий язык)	
2.2.4	Практика научно-технического перевода и деловая переписка, второй иностранный язык (французский язык)	
2.2.5	Приборы и устройства магнитоэлектроники	
2.2.6	Приборы и устройства на основе наносистем	
2.2.7	Проектирование и технология электронной компонентной базы	
2.2.8	Технология материалов экстремальной электроники	
2.2.9	Эпионная технология в микро- и нанoиндустрии	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	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 Квантовые особенности структур в нанокристаллическом состоянии и их термодинамические параметры.	
ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами	
Знать:	
ПК-4-31 Разрабатывать технологические процессы синтеза многокомпонентных гетероструктур на основе физических и химических свойств исходных компонентов с помощью термодинамики и гетерогенной кинетики	
ПК-3: Способность проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы	
Знать:	
ПК-3-31 способность синергетического эффекта ИК-нагрева для синтеза многокомпонентных гетероструктур из системы соль металла-полимер; внедрять ИК-нагрев в современные процессы технологии электроники (аддитивная технология).	
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 Изменения свойств с помощью квантово-размерного эффекта для модификации свойств наноматериалов	

ПК-3: Способность проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы								
Уметь:								
ПК-3-У1 рассчитывать и определять термодинамические параметры и зависимости свойств гетероструктур с учетом квантово-размерного эффекта; рассчитывать и выбирать условия химических реакций синтеза многокомпонентных гетероструктур								
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 Выбрать и обосновать метод синтеза гетерогенных структур								
ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируруемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами								
Уметь:								
ПК-4-У1 определить и измерить термодинамические параметры и свойства многокомпонентных гетероструктур; использовать ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную спектроскопии, дифференциальную сканирующую калориметрию, термогравиметрический анализ, рентгенофазовый анализ для контроля синтеза гетероструктур								
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, выработать стратегию действий								
Уметь:								
УК-1-У1 Измерить параметры и свойства гетерогенных систем								
ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируруемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами								
Владеть:								
ПК-4-В1 Опыт самостоятельной работы с литературой для поиска информации о современных технологических методах и процессах синтеза многокомпонентных гетероструктур, а также решения теоретических и практических задач синтеза гетероструктур								
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, выработать стратегию действий								
Владеть:								
УК-1-В1 Методиками выбора, обоснования и расчета свойств гетерогенной системы								
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 Опыт анализа и решения задач оптимизации свойств гетерогенных систем								
ПК-3: Способность проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы								
Владеть:								
ПК-3-В1 Анализ и контроль свойств (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства) гетероструктур								

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. Особенности термодинамики многокомпонентных гетероструктур							

1.1	Микротехнология многокомпонентных гетерогенных структур и их термодинамические параметры /Лек/	2	5	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.8Л2.1 Л2.6Л3.4 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1,Р2
1.2	Синтез нанокompозита Cu/C при ИК-нагреве гетерогенной системы Cu (CH3COO)2 и полиакрилонитрила и исследование его свойств /Пр/	2	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р3,Р4
1.3	Синтез многокомпонентных гетерогенных структур, содержащих металлические наночастицы, с помощью ИК-нагрева композита на основе соли металла и полимера /Ср/	2	18	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р5,Р6
Раздел 2. Синтез и методы микротехнологии многокомпонентных гетероструктур								
2.1	Основы золь-гель метода для синтеза многокомпонентных гетероструктур. Микротехнология металлоуглеродных нанокompозитов с использованием ИК-нагрева. /Лек/	2	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.7 Л1.8Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1,Р2
2.2	Изменение электропроводности гетероструктур на основе металлоуглеродных нанокompозитов от размера металлических наночастиц /Пр/	2	6	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.2 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.5 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р3,Р4
2.3	Влияние квантово-размерного эффекта на свойства многокомпонентных гетероструктур /Ср/	2	19	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.2 Л1.6 Л1.8Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р5,Р6
Раздел 3. Методы расчета термодинамических параметров и контроля свойств и синтеза многокомпонентных гетероструктур								
3.1	Термодинамика и кинетика механизма синтеза гетероструктур /Лек/	2	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.1 Л2.3 Л2.4Л3.4 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1,Р2

3.2	Определение термодинамических и кинетических параметров с помощью методов дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа /Пр/	2	6	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р3,Р4
3.3	Контроль процессов микротехнологии многокомпонентных гетероструктур с помощью рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, ультрафиолетовой и видимой спектроскопии, дифференциальной сканирующей спектроскопии и термогравиметрического анализа /Ср/	2	19	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.6Л2.1 Л2.4 Л2.5Л3.2 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р5,Р6

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	<p>Два направления нанотехнологии</p> <p>Свойства наночастиц</p> <p>Зависимость размеров наночастицы и доли ее поверхностных атомов от числа атомов в ней</p> <p>Квантово-размерный эффект</p> <p>Оптический квантово-размерный эффект</p> <p>Использование наночастиц Ag для низкотемпературного сплавления</p> <p>Практическое применение наноструктур (магниторезистивный эффект, квантовый компьютер, катализатор)</p> <p>Механизм роста углеродных нанотрубок с использованием СО</p> <p>Синтез углеродных нанотрубок с использованием СН4</p> <p>Физическая структура полимера</p> <p>Метод синтеза нанокompозита FeNi3/C на основе данных методов ДСК и ТГА.</p>
КМ2	Контрольная работа	УК-1-31	<p>Синтез металлоуглеродных нанокompозитов под действием ИК-нагрева</p> <p>Установка ИК-нагрева</p> <p>Синергетический эффект ИК-нагрева</p> <p>Превращения в полимере при ИК-нагреве</p> <p>Метод дифференциальной сканирующей калориметрии</p> <p>Температурная зависимость проводимости для углеродного нанокристаллического материала и нанокompозита Me/C</p> <p>Виды полимеров</p> <p>Свойства полимеров (на примере полиакрилонитрила)</p> <p>Процесс карбонизации полимера на основе данных ДСК, ТГА, УФ и ИК спектроскопии</p>

КМ3	Коллоквиум	ПК-3-31;ПК-4-31	<p>Основные типы твердотельных наноструктур</p> <p>Метод получения углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева</p> <p>Фазовый состав углеродного материала, полученного при карбонизации ПАН</p> <p>Метод ИК спектроскопии</p> <p>Актуальность нанотехнологии</p> <p>Виды концентрации</p> <p>Нанодисперсные системы</p> <p>Гетерогенные системы</p> <p>Видимая и УФ спектроскопия</p> <p>Зависимость растворения полиакрилонитрила от времени на основе данных с помощью УФ спектроскопии</p> <p>УФ спектрометр Evolution 300</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	Практическая работа №1. Синтез нанокompозита Cu/C при ИК-нагреве гетерогенной системы Cu (CH ₃ COO) ₂ и полиакрилонитрила и исследование его свойств	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Свойства наноматериалов. Стабилизирующие свойства полимерной матрицы. Механизм синтеза наночастиц меди при нагреве композита. Практическое использование нанокompозита.
P2	Практическая работа №2. Изменение электропроводности и гетероструктур на основе металлоуглеродных нанокompозитов от размера металлических наночастиц	ОПК-1-У1	Квантово-размерный эффект. Зависимость размера наночастиц от температуры ИК-нагрева. Зависимость электропроводности металлоуглеродных нанокompозитов от размера металлических наночастиц
P3	Практическая работа №3. Определение термодинамических и кинетических параметров с помощью методов дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа	УК-1-У1;УК-1-В1	Методы дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа. Исследование термодинамических и кинетических параметров с помощью методов дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа. Механизм самоорганизации нанокompозитов.
P4	Домашняя работа №1. Синтез многокомпонентных гетерогенных структур, содержащих металлические наночастицы, с помощью ИК-нагрева композита на основе соли металла и полимера	УК-1-У1	Свойства гетерогенных систем. Синергетический эффект ИК-нагрева. Механизм синтеза наночастиц металла при ИК-нагреве композита. Практическое применение нанокompозита.

P5	Домашняя работа №2. Влияние квантово-размерного эффекта на свойства многокомпонентных гетероструктур	ПК-3-У1;ПК-3-В1	Квантово-размерный эффект. Свойства наноматериалов. Зависимость электропроводности от размера наночастиц металла. Практическое применение нанокompозитов в электронике.
P6	Домашняя работа №3. Контроль процессов микротехнологии многокомпонентных гетероструктур с помощью рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, ультрафиолетовой и видимой спектроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа	ПК-4-У1;ПК-4-В1	Рентгенофазовый анализ. Электронная микроскопия. Ультрафиолетовая и видимая спектроскопия. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Термогравиметрический анализ. Актуальность комплексного подхода при исследовании свойств многокомпонентных гетероструктур

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

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Задача типовая и решается в процессе прохождения учебного курса.

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

Удовлетворительная оценка за экзамен выставляется, если студент ответил на один вопрос или решил задачу; хорошо - за два правильных ответа или решение задачи и один правильный ответ; отлично - за три правильных ответа.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Смирнов С. В.	Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
Л1.2	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
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	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
Л1.5	Панин В. Е.	Поверхностные слои и внутренние границы раздела в гетерогенных материалах: монография	Электронная библиотека	Новосибирск: Сибирское отделение Российской академии наук, 2006

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.6	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л1.7	Падерин С. Н., Серов Г. В., Рыжонков Д. И.	Теория гомогенных и гетерогенных процессов: Теория и расчеты высокотемпературных систем и процессов: Практикум для студ.	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2003
Л1.8	Семенов Ю. В.	Кинетика и статика гетерогенных реакций: учеб. пособие для студ. 1 курса горн. спец.	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2014

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Грахов А. Е., Ю-Винг М., Жонг-Женг Ю.	Полимерные нанокompозиты: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2011
Л2.2	Родионов Ю. А.	Технологические процессы в микро- и нанoeлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Вологда: Инфра- Инженерия, 2019
Л2.3	Блохин А. Н., Бураков А. Е., Буракова И. В., Кучерова А. Е., Таров В. П., Пасько Т. В.	От композитов к нанокompозитам (классификация, особенности, технология получения, применение и свойства): учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л2.4	Раков Э. Г.	Неорганические наноматериалы	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.5	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
Л2.6	Ковалев А. Н.	Гетероструктурная нанoeлектроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Юдин Г. Г., Щегольков Н. Ф.	Методические указания для самостоятельной работы студентов очного отделения физико-математического и инженерно-физического факультетов по химии: методическое пособие	Электронная библиотека	Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2010
Л3.2	Валуева Т. Н., Ахромюшкина И. М., Краснова А. М.	Количественный анализ. Гравиметрия: учебно- методическое пособие для самостоятельной работы студентов: учебно- методическое пособие	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ- Медиа, 2018
Л3.3	Корнеев А. А., Семенов А. В., Чулкова Г. М.	Специальный лабораторный практикум по нанoeлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский педагогический государственный университет (МПГУ), 2018

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.4	Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е.	Наноматериалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
ЛЗ.5	Григорьев Б. В., Янбикова Ю. Ф.	Экспериментальные методы исследований. Спецпрактикум: учебно-методическое пособие к лабораторным работам с калориметром: для студентов II-IV курсов направления 16.03.01 «Техническая физика»: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Тюмень: Тюменский государственный университет, 2016
ЛЗ.6	Григорьев Б. В., Никулин С. Г., Зайцев Е. В.	Основы математической обработки результатов физико-технических измерений: учебно-методическое пособие для студентов естественно-научных направлений: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Тюмень: Тюменский государственный университет, 2018
ЛЗ.7	Сигов А. С.	Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	nano	https://nano.nature.com
Э2	SpringerMaterials	https://materials.springer.com
Э3	Royal Society of Chemistry	https://pubs.rsc.org/en/journals
Э4	ScienceDirect	www.sciencedirect.com
Э5	Scopus	www.scopus.com

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	ANSYS Academic Research CFD
П.3	Физическая химия

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Nano (https://nano.nature.com)
И.2	SpringerMaterials (https://materials.springer.com)
И.3	Royal Society of Chemistry (https://pubs.rsc.org/en/journals)
И.4	ScienceDirect (www.sciencedirect.com)
И.5	Scopus (www.scopus.com)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
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.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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