

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 09.07.2023 21:51:02

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)

Технология материалов нанoeлектроники и микросистемной техники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

8 ЗЕТ

Часов по учебному плану

288

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5, 7

аудиторные занятия

119

самостоятельная работа

97

часов на контроль

72

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		7 (4.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП		
Неделя	18		18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17	34	34
Лабораторные	17	17	17	17	34	34
Практические	34	34	17	17	51	51
Итого ауд.	68	68	51	51	119	119
Контактная работа	68	68	51	51	119	119
Сам. работа	40	40	57	57	97	97
Часы на контроль	36	36	36	36	72	72
Итого	144	144	144	144	288	288

Программу составил(и):

дтн, профессор, Козлов Владимир Валентинович; ктн, доцент, Якушко Егор Владимирович

Рабочая программа

Технология материалов нанoeлектроники и микросистемной техники

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 28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.03.01-БНМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , 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 Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	научить физико-математическому и физико-химическому моделированию исследуемых процессов и объектов с использованием современных компьютерных технологий; на основе моделей проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов нано- и микросистемной техники; производить расчет свойств наноструктурных материалов различного назначения; анализировать синтез материалов, а также процессов роста наноструктур на основе современных понятий термодинамики и кинетики гомогенных и гетерогенных процессов, в которых существенное значение имеют процессы тепло- и массопереноса.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Физика конденсированного состояния	
2.1.2	Методы математической физики	
2.1.3	Основы квантовой механики	
2.1.4	Практическая кристаллография	
2.1.5	Физика	
2.1.6	Физическая химия	
2.1.7	Электротехника	
2.1.8	Математика	
2.1.9	Органическая химия	
2.1.10	Экономика	
2.1.11	Информатика	
2.1.12	Химия	
2.1.13	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Научно-исследовательская работа	
2.2.2	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.2.3	Магнитные измерения	
2.2.4	Моделирование и проектирование микро- и наносистем	
2.2.5	Основы спинтроники	
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.8	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	
2.2.9	Химия наноматериалов и наносистем	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
Знать:
ОПК-7-31 Физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов с использованием компьютерных технологий.
ПК-1: Способен анализировать конструкции и технологии изготовления микро-и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации
Знать:
ПК-1-31 Разрабатывать технологические процессы с использованием энергетически выгодного синергетического эффекта ИК-нагрева для синтеза наноматериалов; внедрять новые процессы в технологию наноэлектроники и микросистемной техники
ПК-2: Способен моделировать и рассчитывать требуемые входные и выходные параметры технологических операций
Знать:
ПК-2-31 Физико-химическую теорию зарождения наночастиц, кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов, основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их химические свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства)

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Знать:
УК-1-31 Методы синтеза и средства контроля наноматериалов, включая их структуру, химический состав и морфологию
ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники
Знать:
ПК-3-31 Кинетические закономерности технологических процессов с определением областей протекания процессов (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая)
ПК-1: Способен анализировать конструкции и технологии изготовления микро-и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации
Уметь:
ПК-1-У1 Модифицировать технологические процессы с учетом квантово-размерного эффекта наноструктур и гетерогенной кинетики химических реакций синтеза наноматериалов
ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники
Уметь:
ПК-3-У1 Проектировать и рассчитывать процессы тепло- и массообмена получения материалов нанoeлектроники и микросистемной техники
ПК-2: Способен моделировать и рассчитывать требуемые входные и выходные параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У1 изменять свойства наноматериалов с помощью квантово-размерного эффекта, рассчитывать и выбирать условия процессов синтеза наноматериалов Уравнения движения технологических сред, контроль свойств полупроводника после разных стадий обработки
ОПК-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
Уметь:
ОПК-7-У1 Определять свойства наноматериалов с помощью ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной спектроскопии, дифференциальной сканирующую калориметрию, термогравиметрический анализ, рентгенофазовый анализ для контроля синтеза нанокomпозитов
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Уметь:
УК-1-У1 Расчет параметров технологических процессов, оптимизация параметров процессов и обоснование принятых решений
Владеть:
УК-1-В1 Опытном анализе и решении технологических задач с использованием современных методов для разработки наноматериалов с контролируруемыми свойствами.
ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники
Владеть:
ПК-3-В1 Методы решения задач технологии получения материалов нанoeлектроники и микросистемной техники с заданными структурой и свойствами
ПК-2: Способен моделировать и рассчитывать требуемые входные и выходные параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В1 Анализ и контроль свойств (наноструктур; электрические, магнитные, оптические, механические свойства) наноматериалов
ОПК-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
Владеть:
ОПК-7-В1 Сбор и анализ современными методиками научной литературы в области технологических процессов

нанoeлектроники и микросистемной техники.

ПК-1: Способен анализировать конструкции и технологии изготовления микро-и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации

Владеть:

ПК-1-В1 Методами выбора, обоснования и определения для реализации технологического процесса

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. Физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов с использованием компьютерных технологий. Методы синтеза наноматериалов							
1.1	Физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов. Основные методы синтеза наноструктурированных материалов. Дифференциальные уравнения процессов массо- и теплообмена. /Лек/	5	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.9Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
1.2	Синтез металлоуглеродных нанокomпозитов при ИК-нагреве гетерогенной системы соль металла - полимер и исследование его свойств /Лаб/	5	4	УК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.5Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
1.3	Определение состава наноматериала на основе атомных и весовых количеств компонентов /Пр/	5	8	ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-1-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.7 Л1.9Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
1.4	Свойства наноматериалов (электрические, магнитные, оптические, химические свойства) /Ср/	5	14	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
	Раздел 2. Перспективные свойства наноматериалов для развития нанoeлектроники и микросистемной техники							

2.1	Типы наноструктур и их свойства (структура; электронное строение; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); основы физико-химической теории синтеза наноструктур; кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов /Лек/	5	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1	Л1.1 Л1.7 Л1.9Л2.3 Л2.4 Л2.6Л3.4 Л3.5 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
2.2	Синтез углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева полимеров /Лаб/	5	4	УК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.6 Л1.8 Л1.9Л2.5 Л2.7Л3.1 Л3.3 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
2.3	Модификация свойств наночастиц металлов с помощью квантово-размерного эффекта /Пр/	5	8	ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-1-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.4Л3.3 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
2.4	Метод и термодинамические закономерности синтеза металлоуглеродных нанокompозитов с помощью ИК-нагрева композитов на основе солей металлов и полимеров /Ср/	5	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
Раздел 3. Кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов, основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их химические свойства								
3.1	Гетерогенный механизм синтеза наноструктур и наноматериалов. /Лек/	5	9	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.9Л2.2 Л2.6 Л2.7Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
3.2	Модифицирование свойств металлоуглеродного нанокompозита с помощью квантово-размерного эффекта наноструктур /Лаб/	5	9	УК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.6 Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.4 Л2.5Л3.3 Л3.5 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
3.3	Расчет термодинамических потенциалов (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) и толщины динамического, диффузионного и теплового пограничных слоев процесса синтеза композита /Пр/	5	18	ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-1-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.9Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3

3.4	Особенности механизма синтеза наноматериалов /Ср/	5	14	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.3 Л2.5 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
Раздел 4. Методы контроля свойств и синтеза наноструктур и наноматериалов								
4.1	Методы контроля свойств и синтеза наноструктур и наноматериалов /Лек/	7	17	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1	Л1.2 Л1.6 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
4.2	Исследование термохимических параметров кинетических синтеза наноматериала с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии /Лаб/	7	17	УК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.8 Л1.9Л2.2 Л2.5 Л2.7Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
4.3	Исследование синтеза наноматериалов с помощью методов ультрафиолетовой и видимой спектроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии, инфракрасной спектроскопии и термогравиметрического анализа /Пр/	7	17	ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-1-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.5Л3.1 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
4.4	Методы контроля наноматериалов (электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, атомно- силовая микроскопия, ультрафиолетовая и видимая спектроскопия) /Ср/	7	57	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			

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-7-31	<p>Физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов с использованием компьютерных технологий. Методы синтеза наноматериалов: Молекулярное моделирование и квантово-химические расчеты с использованием программ HyperChem, Gaussian07, Chemoffice2010.</p> <p>Гетерогенные системы Два направления нанотехнологии Золь-гель метод Свойства наночастиц Зависимость размеров наночастицы и доли ее поверхностных атомов от числа атомов в ней Теплообмен. Тепловой поток. Плотность теплового потока Теплообмен в условиях стационарного и нестационарных условий. Температурное поле Способы переноса теплоты Теплообмен. Закон Фурье Теплообмен с помощью конвекции Вынужденная и свободная конвекция</p>
КМ2	Контрольная работа	УК-1-31	<p>Синергетический эффект ИК-нагрева Температурная зависимость проводимости для углеродного нанокристаллического материала и нанокompозита Me/C Свойства полимеров (на примере полиакрилонитрила) Диффузия. 1 и 2 законы Фика. Динамический, концентрационный и тепловой пограничные слои. Фазовые и химические равновесия в технологических процессах Закон сохранения энергии в термодинамике Условия физико-химического равновесия Метод получения углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева</p>
КМ3	Коллоквиум	ПК-1-31	<p>Синтез углеродных нанотрубок с использованием CH_4 Фуллерены C_{60} и C_{70} Синтез фуллеренов с помощью лазерного испарения графита Практическое применение наноструктур (магниторезистивный эффект, квантовый компьютер, катализатор) Термодинамические потенциалы Термодинамическая функция энергия Гиббса Зависимости энергии Гиббса от температуры и давления Химическое и фазовое равновесия Изменение энтропии, внутренней энергии и энергии Гиббса для равновесного состояния</p>
КМ4	Тест	ПК-2-31;ПК-3-31	<p>Превращения в полимере при ИК-нагреве Синтез металлоуглеродных нанокompозитов под действием ИК-нагрева Каталитическая графитизация и углеродные нановолокна и нанотрубки Основные типы идеальных твердотельных наноструктур Квантово-размерный эффект Оптический квантово-размерный эффект Термогравиметрический анализ Актуальность нанотехнологии Видимая и УФ спектроскопия УФ спектры раствора полиакрилонитрила 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	Лабораторная работа №1. Синтез металлоуглеродных нанокompозитов при ИК-нагреве гетерогенной системы соль металла - полимер и исследование его свойств	УК-1-У1;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1;УК-1-В1	Свойства наноматериалов. Синергетический эффект для ИК-нагрева органических материалов. Практическое применение металлоуглеродных нанокompозитов.
P2	Лабораторная работа №2. Исследование термодинамических параметров кинетических синтеза наноматериала с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-В1;ПК-2-У1	Метод дифференциальной сканирующей калориметрии. Превращения в полимере при ИК-нагреве. Исследования синтеза наноструктур с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии. Определение термодинамических параметров процессов из экспериментальных кривых метода дифференциальной сканирующей калориметрии.
P3	Домашняя работа №1. Свойства наноматериалов (электрические, магнитные, оптические, химические свойства)	ПК-3-У1;ПК-3-В1;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1	Модификация свойств наноматериалов. Зависимость ширины запрещенной зоны наноструктуры от размера. Квантово-размерный эффект Методы контроля электрических, магнитных, оптических, химических свойств наноматериала.
P4	Домашняя работа №2. Метод и термодинамические закономерности синтеза металлоуглеродных нанокompозитов с помощью ИК-нагрева композитов на основе солей металлов и полимеров	ПК-3-В1;ПК-3-У1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Механизм самоорганизации синтеза металлических наноструктур. Изменение термодинамических функций (энтальпия, энергия Гиббса) при ИК-нагреве. Синергетический эффект ИК-нагрева полимеров. Метод синтеза металлических наночастиц при ИК-нагреве.

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	Драгунов В. П., Остертак Д. И.	Микро- и наноэлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012
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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
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	Архипов В.	Физико-химические основы процессов теплообмена: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015
Л1.5	Дробот П. Н.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: ТУСУ, 2016
Л1.6	Родионов Ю. А.	Технологические процессы в микро- и нанoeлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019
Л1.7	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.8	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л1.9	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: Учебник для студ. вузов по спец. 'Технология спец. материалов электронной техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Троян П. Е., Сахаров Ю. В.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
Л2.2	Филимонова Н. И., Кольцов Б. Б.	Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л2.3	Брусенцов Ю. А., Минаев А. М.	Материалы твердотельной микро- и нанoeлектроники: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2012
Л2.4	Вавилов В. Д., Тимошенко С. П., Тимошенко А. С.	Микросистемные датчики физических величин: монография	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2018
Л2.5	Смычѐк М. А.	Технологические процессы в микро- и нанoeлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019
Л2.6	Орлова М. Н., Борзых И. В.	Нанoeлектроника: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л2.7		Нано- и микросистемная техника	Библиотека МИСиС	М.: Новые технологии,

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	Ларичев Т. А., Морозов В. П., Кожухова Т. Ю.	Химия: опорные конспекты и методические указания: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009
ЛЗ.2	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
ЛЗ.3	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
ЛЗ.4	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
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., Зайцев Е. В.	Метрология и физико-технические измерения: учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов II курса направлений 16.03.01 «Техническая физика», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Тюмень: Тюменский государственный университет, 2017
ЛЗ.7	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

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, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
К-428	Учебная аудитория	4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MILA-5000, в том числе: доска учебная, монитор, системный блок, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест
К-431	Лаборатория «Материалов оптоэлектроники»:	спектрофотометр, компьютеры со специальным программным обеспечением для проведения занятий по моделированию, комплект лабораторного оборудования, комплект учебной мебели на 6 посадочных мес
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.