

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 13.09.2023 12:49:49

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)

Процессы получения наночастиц и наноматериалов

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

39

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	39	39	39	39
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дтн, профессор, Козлов Владимир Валентинович

Рабочая программа

Процессы получения наночастиц и 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 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-23-1.plx Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, 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 методам синтеза наноструктур металлов, полупроводников и диэлектриков (частиц, кристаллитов, волокон, слоев), основанных на знании физических и химических свойств систем, состоящих из небольшого числа атомов; анализу синтеза, основанному на процессах гетерогенной кинетики; способам стабилизации наноструктур; модификации свойств наноматериала с помощью квантово-размерного эффекта; методам контроля свойств наноматериалов.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Высоковакуумное оборудование в технологии нано- и микросистем	
2.1.2	Компьютерные технологии в научных исследованиях	
2.1.3	Магнитные материалы для микро- и наносистем	
2.1.4	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники	
2.1.5	Методы исследования материалов	
2.1.6	Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур	
2.1.7	Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 2	
2.1.8	Научно-исследовательская практика	
2.1.9	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2	
2.1.10	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.11	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.12	Методы математического моделирования	
2.1.13	Микро- и наносистемы в технике и технологии	
2.1.14	Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 1	
2.1.15	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.16	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Знать:
ОПК-1-31 основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их химические свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства)
ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Знать:
ПК-4-31 Реализовывать методы синтеза наноматериалов для разработки технологии материалов для микро- и наносистем и контролировать свойства наноматериалов с помощью современных методов
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Знать:
ПК-1-31 Разрабатывать технологические процессы с использованием синергетического эффекта ИК-нагрева для синтеза наноматериалов из композитов полимеров и солей металлов; внедрять наноматериалы 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, выработать стратегию действий

Знать:
УК-1-31 Физико-химическую теорию зарождения наночастиц, кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Уметь:
ПК-1-У1 разрабатывать технологические процессы с учетом квантово-размерного эффекта наноструктур и гетерогенной кинетики химических реакций синтеза наноматериалов
ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Уметь:
ОПК-1-У1 Контролировать параметры и свойства наноматериалов
ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Уметь:
ПК-4-У1 Определять параметры и свойства наноматериалов с помощью ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной спектроскопии, дифференциальную сканирующую калориметрию, термогравиметрический анализ, рентгенофазовый анализ для контроля синтеза нанокompозитов
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 модифицировать свойства наноматериалов с помощью квантово-размерного эффекта, рассчитывать и выбирать условия процессов синтеза наноматериалов
ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Владеть:
ПК-4-В1 опытом анализа и решения технологических задач с использованием современных методов анализа для разработки наноматериалов с контролируруемыми свойствами
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 Анализ и контроль свойств (наноструктур; электрические, магнитные, оптические, механические свойства) наноматериалов
ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Владеть:
ОПК-1-В1 Опытном анализе и решении задач оптимизации параметра свойства вещества в нанокристаллическом состоянии
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
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. Особенности синтеза наноструктур и наноматериалов							
1.1	Закономерности синтеза наноструктур и наноматериалов. Основные методы синтеза наноструктурированных материалов /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.5 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/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.3 Л1.6Л2.3 Л2.4Л3.4 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
1.3	Определение состава наноматериала на основе атомных и весовых количеств компонентов /Пр/	3	4	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
1.4	Свойства наноматериалов (электрические, магнитные, оптические, химические свойства) /Ср/	3	10	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.6Л2.7 Л2.8Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
	Раздел 2. Перспективные свойства наноматериалов для развития электроники							
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/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.5 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
2.2	Синтез углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева полимеров /Лаб/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.1Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
2.3	Модификация свойств наночастиц металлов с помощью квантово-размерного эффекта /Пр/	3	4	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4Л3.3 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
2.4	Метод синтеза металлоуглеродных нанокomпозитов с помощью ИК-нагрева композитов на основе солей металлов и полимеров /Ср/	3	10	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.5 Л2.6Л3.5 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
	Раздел 3. Модифицирование свойств наноструктур и наноматериалов							

3.1	Гетерогенный механизм синтеза наноструктур и наноматериалов. /Лек/	3	5	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.6Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
3.2	Модифицирование свойств металлоуглеродного нанокompозита с помощью квантово-размерного эффекта наноструктур /Лаб/	3	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.4 Л1.6Л2.3 Л2.4Л3.4 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
3.3	Расчет энтальпии и энтропии процесса синтеза композита /Пр/	3	5	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.5 Л1.7Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
3.4	Гетерогенный механизм синтеза наноматериалов /Ср/	3	10	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
Раздел 4. Методы контроля свойств и синтеза наноструктур и наноматериалов								
4.1	Кинетика процессов синтеза наноматериалов. Методы анализа процессов синтеза наноматериалов /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.4Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
4.2	Исследование термодимических параметров кинетических синтеза наноматериала с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии /Лаб/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.2 Л1.6Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 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/	3	4	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.5Л2.3 Л2.4Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р3
4.4	Методы контроля наноматериалов (электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, атомно-силовая микроскопия, ультрафиолетовая и видимая спектроскопия) /Ср/	3	9	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.5Л2.5 Л2.6Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	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	<p>Актуальность нанотехнологии. Новые функциональные материалы.</p> <p>Два направления нанотехнологии. Эффект квантования.</p> <p>Динамика развития микроэлектроники. Основные типы твердотельных наноструктур (квантовые точки; квантовые проволоки; квантовые ямы)</p> <p>Квантово-размерный эффект</p> <p>Оптический квантово-размерный эффект</p> <p>Физические и химические процессы</p> <p>Корпускулярно-волновой дуализм</p> <p>Золь-гель метод</p> <p>Метод микрокапсулирования</p> <p>Принцип самоорганизации структуры</p> <p>Синтез металлоуглеродных нанокомпозитов под действием ИК-нагрева</p> <p>Синтез углеродного нанокристаллического материала под действием ИК-нагрева</p>
КМ2	Контрольная работа	УК-1-31	<p>Синергетический эффект ИК-нагрева</p> <p>Преращения в полимере при ИК-нагреве</p> <p>Синтез нанокомпозита FeNi₃/C. Применение нанокомпозита FeNi₃/C для роста углеродных нанотрубок.</p> <p>Механизм роста углеродных нанотрубок с использованием CO.</p> <p>Механизм роста углеродных нанотрубок с использованием CH₄</p> <p>Зависимость скорости деформации частиц при соударении от размера объекта. Механические свойства наноматериалов.</p> <p>Применение наноматериалов (спинтроника; квантовый компьютер; катализ).</p> <p>Сканирующий туннельный микроскоп. Перемещение атомов по поверхности.</p> <p>Структура и свойства фуллерена</p> <p>Зависимость температуры плавления наночастиц от размера.</p> <p>Использование наночастиц Ag для низкотемпературного сплавления</p> <p>Синтез фуллеренов с помощью лазерного испарения графита</p> <p>Темплатный метод.</p> <p>Синтез медных нанопроводов с использованием углеродных нанотрубок</p> <p>Карбонизация. Фазовый состав углеродного нанокристаллического материала</p> <p>Свойства наночастиц. Зависимость доли поверхностных атомов от размеров наночастицы.</p>
КМ3	Коллоквиум	ПК-1-31;ПК-4-31	<p>Особенности пленок (пористость) полимера после ИК-нагрева.</p> <p>Надмолекулярные структуры полимера после ИК-нагрева</p> <p>Синтез углеродных нановолокон и нанотрубок под действием ИК-нагрева полимеров. Каталитическая графитизация и в присутствии наночастиц металла.</p> <p>Температурная зависимость электропроводимости для углеродного нанокристаллического материала и нанокомпозита Me/C (Метод ИК-нагрева).</p> <p>Зависимость магнитных свойств от температуры синтеза нанокомпозита FeNi₃/C и CFe и CNi. Применение нанокомпозита FeNi₃/C в качестве катализатора роста углеродных нанотрубок</p> <p>Метод термogrавиметрического анализа</p> <p>Метод образования наночастиц металлов в полимерах термическим разложением прекурсоров. Криохимический синтез</p> <p>Нанодисперсные системы (свобододисперсные и связнодисперсные)</p> <p>Восстановительный метод для синтеза металлополимерных нанокомпозитов</p> <p>Исследование оптических свойств материалов с помощью УФ спектроскопии.</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. Модифицирование свойств металлоуглеродного нанокompозита с помощью квантово-размерного эффекта наноструктур	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Квантово-размерный эффект. Синтез металлоуглеродного нанокompозита. Исследование электропроводности металлоуглеродного нанокompозита.
P2	Лабораторная работа №2. Синтез металлоуглеродных нанокompозитов при ИК-нагреве гетерогенной системы соль металла- полимер и исследование его свойств	УК-1-У1;УК-1-В1	Методы синтеза металлоуглеродных нанокompозитов. Особенность синтеза металлоуглеродного нанокompозита при ИК-нагреве. Механизм синтеза металлоуглеродного нанокompозита.
P3	Лабораторная работа №3. Синтез углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева полимеров	ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Свойства полимера. Растворимость полимера. Химическая связь полимера и растворителя. Превращения в полимере при нагреве. Практическое использование углеродного нанокристаллического материала.

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	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
Л1.2	Илюшин В. А.	Физикохимия наноструктурированных материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л1.3	Барыбин А. А., Бахтина В. А., Томили В. И., Томилина Н. П.	Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л1.4	Рудской А. И.	Наноструктурированные металлические материалы	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Наука, 2011

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.5	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
Л1.6	Трахтенберг Л. И., Мельников М. Я.	Металл/полупроводник содержащие нанокomпозиты: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2016
Л1.7	Раков Э. Г.	Неорганические наноматериалы	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Чаплыгин Ю. А.	Нанотехнологии в электронике	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2013
Л2.2	Корабельников Д. В., Кравченко Н. Г., Поплавной А. С.	Физика наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016
Л2.3	Дубровский В. Г., Цырлин Г. Э.	Полупроводниковые нитевидные нанокристаллы: рост, физические свойства и приложения: учебное пособие	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019
Л2.4	Блохин А. Н., Бураков А. Е., Буракова И. В., Кучерова А. Е., Таров В. П., Пасько Т. В.	От композитов к нанокomпозитам (классификация, особенности, технология получения, применение и свойства): учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л2.5	Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е.	Нанокomпозитные функциональные материалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л2.6	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанокomпозиты: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.7	Сигов А. С.	Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.8	Кузнецов Н. Т., Новоторцев В. М., Жабров В. А., Марголин В. И.	Основы нанотехнологии: учебник	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.9	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанокomпозитов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л2.10	Левина В. В., Конюхов Ю. В., Филонов М. Р., др.	Физико-химия наноструктурных материалов: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010

6.1.3. Методические разработки				
	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	Наумов А. В., Наумова Н. Л., Каримуллин К. Р.	Учебно-методическое пособие к специальному физическому практикуму по оптической спектроскопии: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский педагогический государственный университет (МПГУ), 2016
ЛЗ.4	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.5	Корнеев А. А., Семенов А. В., Чулкова Г. М.	Специальный лабораторный практикум по наноэлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский педагогический государственный университет (МПГУ), 2018
ЛЗ.6	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.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
П.4	MS Teams

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
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.
К-427	Учебная аудитория	стационарные компьютеры 6 шт., 4 ноутбука, пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели 25 посадочных мест
К-428	Учебная аудитория	4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MPA-5000, в том числе: доска учебная, монитор, системный блок, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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