

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:35:35

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)

Химия наноматериалов и наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

39

курсовая работа 8

самостоятельная работа

78

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	13	13	13	13
Лабораторные	13	13	13	13
Практические	13	13	13	13
Итого ауд.	39	39	39	39
Контактная работа	39	39	39	39
Сам. работа	78	78	78	78
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дтн, профессор, Козлов Владимир Валентинович

Рабочая программа

Химия наноматериалов и наносистем

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-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , 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 химических свойств и реакционной способности частиц, состоящих из небольшого числа атомов, изучение которых закладывает новые фундаментальные основы; применению нанохимии для получения, модификации, стабилизации изолированных наночастиц и направленной их самосборки в более сложные наноструктуры; методам контроля свойств наноматериалов; изучить понятия, особенности закономерностей и взаимозависимости химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии на основе современной теории твердого тела с использованием необходимых сведений квантовой механики (структура; квантово-размерный эффект; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства).
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Инженерная математика	
2.1.2	Конструкционные материалы и их технологии	
2.1.3	Материаловедение магнитной электроники и микросистемной техники	
2.1.4	Оборудование микро- и нанотехнологий	
2.1.5	Оборудование производства магнитных материалов	
2.1.6	Оформление результатов научной деятельности	
2.1.7	Технология материалов нанoeлектроники и микросистемной техники	
2.1.8	Физические основы микро- и наносистемной техники	
2.1.9	Функциональные материалы и их технологии	
2.1.10	Материаловедение наноструктурированных материалов	
2.1.11	Материалы и элементы микро- и наносенсорики	
2.1.12	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Физика диэлектриков	
2.1.15	Физика конденсированного состояния	
2.1.16	Физика магнитных явлений	
2.1.17	Физика полупроводников и основы твердотельной электроники	
2.1.18	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.19	Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники	
2.1.20	Общее материаловедение	
2.1.21	Статистическая физика	
2.1.22	Физические свойства кристаллов	
2.1.23	Электроника	
2.1.24	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.25	Методы математической физики	
2.1.26	Основы квантовой механики	
2.1.27	Практическая кристаллография	
2.1.28	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.29	Физика	
2.1.30	Физическая химия	
2.1.31	Электротехника	
2.1.32	Математика	
2.1.33	Органическая химия	
2.1.34	Информатика	
2.1.35	Химия	
2.1.36	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-6: Способен выявлять перспективные направления исследований в области физики, химии и технологии магнитных материалов, полупроводников, диэлектриков, металлов и сплавов, метаматериалов и радиокерамики для совершенствования устройств и систем микро- и наносистемной техники
Знать:
ПК-6-31 Физико-химическая теория зарождения наночастиц, кинетические закономерности, математический аппарат термодинамики, тепло- и массопереноса, теории подобия и фазовых равновесий для расчетов процессов синтеза наноматериалов; определять и рассчитывать параметры стадий синтеза наночастиц
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Знать:
УК-2-31 Методы синтеза наноматериалов; теорию химии твердого тела с использованием квантовой механики для описания вещества в нанокристаллическом состоянии; особенности закономерностей химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии
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 Особенности закономерностей химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии; взаимозависимости физических и химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии; основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их химические свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства);
ПК-6: Способен выявлять перспективные направления исследований в области физики, химии и технологии магнитных материалов, полупроводников, диэлектриков, металлов и сплавов, метаматериалов и радиокерамики для совершенствования устройств и систем микро- и наносистемной техники
Уметь:
ПК-6-У1 рассчитывать и выбирать условия химических реакций получения наноматериалов
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Уметь:
УК-2-У1 определять химические свойства вещества в нанокристаллическом состоянии (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, 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
Уметь:
УК-1-У1 устанавливать зависимости химических свойств вещества с учетом квантово-размерного эффекта в нанокристаллическом состоянии; рассчитывать параметры химических свойств на основе современной теории химии твердого тела с использованием необходимых сведений квантовой механики
ПК-6: Способен выявлять перспективные направления исследований в области физики, химии и технологии магнитных материалов, полупроводников, диэлектриков, металлов и сплавов, метаматериалов и радиокерамики для совершенствования устройств и систем микро- и наносистемной техники
Владеть:
ПК-6-В1 опытом анализа и решения задач оптимизации параметра свойства вещества в нанокристаллическом состоянии
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Владеть:
УК-2-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
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
Владеть:
УК-1-В1 методиками выбора, обоснования и расчета 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. Особенности химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии на основе современной теории химии твердого тела с использованием квантово-размерного эффекта.							
1.1	Теория химии твердого тела с использованием квантовой механики для описания вещества в нанокристаллическом состоянии. Особенности закономерностей химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии; /Лек/	8	3	УК-1-У1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1	Л1.1 Л1.6Л2.3 Л2.5Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
1.2	Синтез нанокompозита Cu/C при ИК-нагреве гетерогенной системы Cu (CH3COO)2 и полиакрилонитрила и исследование его свойств /Пр/	8	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-6-У1	Л1.1 Л1.6Л2.1 Л2.4Л3.4 Э5			
1.3	Исследование растворение полимера с помощью спектроскопии УФ и видимого излучения /Лаб/	8	3	УК-2-У1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.1Л3.1 Э3		КМ3	Р3
1.4	Синтез металлических наночастиц с помощью ИК-нагрева композита на основе соли металла и полимера /Ср/	8	17	УК-2-У1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.6 Л1.7Л2.1 Л2.4 Л2.5Л3.3 Л3.4 Э2			
	Раздел 2. Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); основы физико-химической теории зарождения наночастиц; кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов							

2.1	Физические и химические свойства вещества в нанокристаллическом состоянии. Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их химические свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); /Лек/	8	2	УК-1-У1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1	Л1.4Л3.1Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
2.2	Изменение электропроводности композитов от размера металлических наночастиц /Пр/	8	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-6-У1	Л1.1 Л1.6Л3.1 Л2.1Л3.3 Э4		КМ2	Р2
2.3	Определение термохимических параметров процессов с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии /Лаб/	8	2	УК-2-У1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.3 Л1.6Л2.1Л3.4 Э5		КМ3	Р3
2.4	Влияние квантово-размерного эффекта на химические свойства нанокompозита /Ср/	8	21	УК-2-У1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.6Л2.3 Л2.5Л3.3 Л3.4 Э2			
Раздел 3. Диффузионные и кинетические процессы реакций синтеза наночастиц. Особенности процессов физических и химических методов синтеза наночастиц.								
3.1	Гетерогенные химические реакции. Методы синтеза наноматериалов. Физико-химическая теория образования наночастиц, /Лек/	8	4	УК-1-У1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.5 Л2.6Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
3.2	Влияние квантово-размерного эффекта на свойства металлоуглеродного нанокompозита /Пр/	8	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-6-У1	Л1.3 Л1.6Л2.4Л3.4 Э4		КМ2	Р2
3.3	Исследование кинетических параметров синтеза нанокompозитов с помощью термогравиметрического анализа /Лаб/	8	4	УК-2-У1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.5 Л1.6Л2.6Л3.3 Э1		КМ3	Р3
3.4	Свойства наноструктур, синтезированных методом снизу-вверх /Ср/	8	20	УК-2-У1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.6Л2.1Л3.4 Э5			

	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 синтеза наночастиц. Термодинамика гетерогенных процессов синтеза наноматериалов. Лимитирующие стадии синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая) /Лек/	8	4	УК-1-У1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1	Л1.5 Л1.6Л3.2Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
4.2	Изменение оптических свойств нанокompозита Ag/полимер от условий синтеза. Определение размера наночастицы Ag по спектрам в видимом и УФ диапазонах на основе плазмонного эффекта /Пр/	8	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-6-У1	Л1.2 Л1.6Л2.2Л3.4 Э3		КМ2	Р2
4.3	Определение изменение структуры полимера с помощью спектроскопии в видимом и УФ диапазонах /Лаб/	8	4	УК-2-У1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.3 Л1.4 Л1.6Л2.1Л3.4 Э2		КМ3	Р3
4.4	Комплексный анализ процессов синтеза нанокompозитов при использовании методов дифференциальной сканирующей спектроскопии и термогравиметрического анализа /Ср/	8	20	УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-У1 ПК-6-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.1 Л2.5Л3.4 Э4			

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	УК-2-31	<p>Методы синтеза наноматериалов; теорию химии твердого тела с использованием квантовой механики для описания вещества в нанокристаллическом состоянии;</p> <p>особенности закономерностей химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии; взаимозависимости физических и химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии:</p> <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 CO</p> <p>Синтез углеродных нанотрубок с использованием CH₄</p> <p>Физическая структура полимера</p> <p>Метод синтеза нанокompозита FeNi₃/C на основе данных методов ДСК и ТГА.</p>
КМ2	Коллоквиум	УК-1-31	<p>Использовать физико-химическую теорию зарождения наночастиц, кинетические закономерности, математический аппарат термодинамики, тепло- и массопереноса, теории подобия и фазовых равновесий для расчетов процессов синтеза наноматериалов; определять и рассчитывать параметры стадий синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая):</p> <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	Контрольная работа	ПК-6-31	<p>Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их химические свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства):</p> <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	Лабораторная работа №1. Исследование растворение полимера с помощью спектроскопии УФ и видимого излучения	УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-У1	Особенности растворения полимера. Применение полимеров в электронике. Контроль растворения полимера с помощью спектроскопии УФ и видимого излучения.
P2	Лабораторная работа №2. Определение термодинамических параметров процессов с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии	УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-6-У1	Контроль процессов превращения в композите с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии. Определение лимитирующих стадий синтеза наночастиц. Расчет термодинамических параметров процесса синтеза нанокompозитов с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии.
P3	Лабораторная работа №3. Исследование кинетических параметров синтеза нанокompозитов с помощью термогравиметрического анализа	ПК-6-У1;ПК-6-В1;УК-2-У1	Кинетика превращений в композите на основе соли металла и полимера. Превращения в полимере при нагреве. Синергетический эффект образования наночастиц металла в полимере.

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

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и одну задачу. Задачи являются типовыми и рассматриваются в ходе процесса обучения по этой дисциплины.

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	Барыбин А. А., Бахтина В. А., Томили В. И., Томили Н. П.	Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л1.2	Кириллова Е. А., Маряхина В. С.	Методы спектрального анализа: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2013
Л1.3	Миронов М. М., Джанбекова Л. Р.	Методы и средства исследований: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2009
Л1.4	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
Л1.5	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	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.7	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007

6.1.2. 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	Грей Г., Дяткина М. Е.	Электронная и химическая связь: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1967
Л2.3	Крашенинин В. И., Газенаур Е. Г., Кузьмина Л. В.	Квантовая химия и квантовая механика в применении к задачам: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012
Л2.4	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
Л2.5	Раков Э. Г.	Неорганические наноматериалы	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
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	Киселёв В. В.	Квантовая механика: курс лекций: курс лекций	Электронная библиотека	Москва: МЦНМО, 2009
Л3.2	Родионов Ю. А.	Технологические процессы в микро- и нанoeлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Вологда: Инфра- Инженерия, 2019
Л3.3	Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е.	Нанокуглеродные функциональные материалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л3.4	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
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
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.