

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 13.09.2023 12:49:44

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)

# Методы синтеза углеродных 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

34

курсовая работа 3

самостоятельная работа

56

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
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

**Методы синтеза углеродных наноматериалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 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	Цель дисциплины - научить методам синтеза углеродных наноматериалов (фуллерен, углеродные нанотрубки, углеродная пена, графен), содержащих химические связи атомов углерода с типами гибридизации sp <sup>1</sup> , sp <sup>2</sup> и sp <sup>3</sup> и гетероатомы, способные иметь полупроводниковые свойства, а также углеродных нанокмпозитов с модифицированными химическими свойствами на основе полимеров, которые содержат искривленные углеродные плоскости (сферические, кольцеподобные и тубуленоподобные образования); способными сопрягаться с биологическими субстанциями и изменять физические и химические свойства (электрическую проводимость, оптоэлектронные свойства, плотность, адсорбцию, работу выхода электронов, электромагнитное поглощение, каталитические и сенсорные свойства).научить представлениям и понятиям теории о наноматериалах (структура; квантово-размерный эффект; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства).
-----	--

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:	Б1.В.ДВ.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
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	Мессбаэровская 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
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
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

<b>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</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-31 Методы синтеза и средства контроля углеродных наноматериалов, включая их структуру, химический состав и морфологию
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 Особенности методов синтеза углеродных наноматериалов с использованием газов и твердых веществ в качестве источников углерода
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 Зависимость изменения свойств с помощью квантово-размерного эффекта для прогнозирования свойств углеродных наноматериалов

<b>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</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства).
<b>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</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Разрабатывать и обосновывать последовательность технологических стадий синтеза углеродных наноматериалов
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Контролировать технологические параметры синтеза и свойства углеродных наноматериалов
<b>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</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Разрабатывать и обосновывать последовательность технологических стадий синтеза углеродных наноматериалов
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Выбрать и обосновать метод синтеза углеродных наноматериалов
<b>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</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Измерить параметры и свойства металлоуглеродных нанокомпозитов; использовать ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную спектроскопии, дифференциальную сканирующую калориметрию, термогравиметрический анализ, рентгенофазовый анализ для контроля синтеза наноматериалов.
<b>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</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 Разрабатывать и обосновывать последовательность технологических стадий синтеза наноматериала; анализировать механизм синтеза с описанием реакций, происходящих в гетерогенной системе.
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 Методом комплексного решения научных задач с применением различных методов исследования наноматериалов
<b>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</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-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
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Опытном анализе и решении задач синтеза углеродных наноматериалов и внедрения результатов в технологический процесс

<b>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</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Опыт самостоятельной работы с литературой для поиска информации о различных методах и процессах синтеза наноматериалов, а также решения теоретических и практических задач синтеза
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Методиками выбора, обоснования и расчета параметров свойств углеродного наноматериала

#### 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
	<b>Раздел 1. Свойства углеродных наноматериалов перспективны для развития наноэлектроники.</b>							
1.1	Свойства углеродных наноматериалов (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства) перспективные для развития электроники. /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.6 Л1.8Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
1.2	Состав углеродных наноматериалов, синтезируемых из полиакрилонитрила при ИК-нагреве /Пр/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.8 Л1.1Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
1.3	Особенности метода снизу-вверх для синтеза углеродного наноматериала /Ср/	3	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.2 Л1.5 Л1.8Л2.2 Л2.4 Л2.8 Л2.9 Л1.1Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3,КМ4	Р3,Р4
	<b>Раздел 2. Основные методы синтеза углеродных наноматериалов</b>							
2.1	Методы синтеза углеродных наноматериалов (фуллено-, тубулено, графеноподобные материалы). /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.5 Л1.8 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
2.2	Зависимость свойств углеродного наноматериала от квантово-размерного эффекта. /Пр/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.4 Л1.8 Л1.1Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2

2.3	Полупроводниковые свойства углеродного наноматериала /Ср/	3	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.4 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л1.1Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3,К М4	Р3,Р4
<b>Раздел 3. Диффузионные и кинетические процессы синтеза углеродных наноматериалов</b>								
3.1	Кинетические закономерности процессов синтеза углеродных наноматериалов; определение параметров стадий синтеза /Лек/	3	5	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.7 Л1.8 Л1.1Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.10Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
3.2	Синтез углеродного наноматериала из полиакрилонитрила при ИК-нагреве. Синергетический эффект ИК-нагрева. /Пр/	3	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.4 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л2.2 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.10Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2
3.3	Механизм синтеза углеродного наноматериала из полиакрилонитрила при ИК-нагреве /Ср/	3	22	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.2 Л1.4 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.10Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3,К М4	Р3,Р4
<b>Раздел 4. Современные методы контроля процессов синтеза углеродных наноматериалов</b>								
4.1	Контроль синтеза и свойств углеродных наноматериалов с использованием рентгенофазового анализа, ультрафиолетовой и видимой спектроскопии, инфракрасной спектроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа. /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.4 Л1.7 Л1.8Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1
4.2	Методы исследования синтеза и свойств наноматериалов (УФ-спектроскопия, термогравиметрический анализ) /Пр/	3	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.5 Л1.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р2

4.3	Особенности синтеза углеродных нанотрубок из газов и твердых углеродсодержащих веществ /Ср/	3	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л1.1Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	КМ3,К М4	Р3,Р4
-----	---	---	----	--	--	-------------	-------

### 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>Механизм роста углеродных нанотрубок с использованием СО</p> <p>Метод синтеза углеродного наноматериала на основе данных методов ДСК и ТГА.</p> <p>Модифицирование свойств углеродного наноматериала (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, оптические, механические свойства)</p> <p>с помощью квантово-размерного эффекта</p>
КМ2	Тест	УК-1-31;ПК-1-31	<p>Квантово-размерный эффект</p> <p>Оптический квантово-размерный эффект</p> <p>Синтез углеродного наноматериала под действием ИК-нагрева</p> <p>Установка ИК-нагрева</p> <p>Синергетический эффект ИК-нагрева</p>
КМ3	Тест	ПК-2-31	<p>Основные типы твердотельных наноструктур</p> <p>Превращения в полимере при ИК-нагреве</p> <p>Метод получения углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева</p> <p>Фазовый состав углеродного материала, полученного при карбонизации полиакрилонитрила</p> <p>Метод ИК спектроскопии</p> <p>Гетерогенные системы</p>
КМ4	Тест	ПК-4-31	<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> <p>Метод дифференциальной сканирующей калориметрии</p> <p>Температурная зависимость проводимости для углеродного наноматериала</p>

#### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Практическая работа №1. Состав углеродных наноматериалов, синтезируемых из полиакрилонитрила при ИК-нагреве	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	<p>Свойства углеродного нанокристаллического материала.</p> <p>Превращения полиакрилонитрила при нагреве. Применение метода рентгенофазового анализа для измерения кристаллитов.</p> <p>Практическое применение углеродного нанокристаллического материала.</p>
Р2	Практическая работа №2. Зависимость свойств углеродного наноматериала от квантово-размерного эффекта	УК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<p>Методы синтеза наноматериалов. Особенность метода синтеза методом снизу-вверх. Эффективность метода снизу-вверх при ИК-нагреве. Методы контроля синтеза наноматериала. Модификация свойств нанокompозита с помощью квантово-размерного эффекта.</p>

P3	Практическая работа №3. Синтез углеродного наноматериала из полиакрилонитрила при ИК-нагреве. Синергетический эффект ИК-нагрева	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Синтез углеродного наноматериала из полиакрилонитрила при ИК-нагреве. Механизм превращения полиакрилонитрила в углеродный наноматериал. Механизм самоорганизации синтеза углеродного наноматериала. Синергетический эффект ИК-нагрева.
P4	Домашняя работа №1. Особенности метода снизу-вверх для синтеза углеродного наноматериала	ПК-4-У1;ПК-4-В1	Методы синтеза наноматериалов. Особенность метода синтеза методом снизу-вверх. Эффективность метода снизу-вверх при ИК-нагреве. Методы контроля синтеза наноматериала. Модификация свойств нанокompозита с помощью кванто-размерного эффекта.

### 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., Томилин В. И., Томилина Н. П.	Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л1.2	Грищенко Т. Н., Денисов В. Я., Нянина К. А.	Углеводы: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009
Л1.3	Алакоз Г. М., Котов А. В., Курак М. В., Попов А. А., Сериков А. П.	Программно-аппаратные платформы и вычислительные наноструктуры	Электронная библиотека	Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016
Л1.4	Малоков С. П., Саенко А. В., Клунникова Ю. В., Палий А. В.	Лазеры в микро- и наноэлектронике: учебное пособие	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2018
Л1.5	Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е.	Нанокристаллы функциональные материалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л1.6	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанокристаллы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.7	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
Л1.8	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и наноэлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007

#### 6.1.2. Дополнительная литература



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Гарост А. И., Волченко А. В.	Железоуглеродистые сплавы: структурообразование и свойства: монография	Электронная библиотека	Минск: Белорусская наука, 2010
Л2.2	Крутский Ю. Л.	Производство углеграфитовых материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012
Л2.3	Авдохин В. М.	Обогащение углей: учебник	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2012
Л2.4	Бойко Е. А.	Реакционная способность энергетических углей: монография	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л2.5	Юдович Я. Э., Кетрис М. П.	Неорганическое вещество углей: монография	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ- Медиа, 2015
Л2.6	Кутакова Н. А., Богданович Н. И., Селянина С. Б., Коптелова Е. Н., Коровкина Н. В.	Лабораторный практикум по технологии биологически активных веществ и углеродных адсорбентов: учебное пособие	Электронная библиотека	Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2015
Л2.7	Белецкая М. Г., Богданович Н. И., Макаревич Н. А.	Технология углеродных адсорбентов: физико- химический анализ активных углей : учебное пособие к лабораторному практикуму: учебное пособие	Электронная библиотека	Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2015
Л2.8	Раздьяконова Г. И., Лихолобов В. А., Кохановская О. А.	Технологии модификации технического углерода: монография	Электронная библиотека	Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017
Л2.9	Бурангулова Р. Н., Каримова Р. Ф., Петрова М. А.	Органическая химия. Ациклические углеводороды: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно- исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016
Л2.10	Гюльмалиев А. М., Головин Г. С., Гладун Т. Г.	Теоретические основы химии угля: монография	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2003
Л2.11	Пархоменко Ю. Н., Полисан А. А.	Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Анисимова Н. И., Грабов В. М., Зайцев А. А., Ляпцев А. В., Ханин С. Д.	Учебно-методический комплекс по сетевой образовательной программе «Физика наноструктур и нанoeлектроника»	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2013

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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

### 6.3 Перечень программного обеспечения

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

П.3	Физическая химия
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	
И.1	Nano ( <a href="https://nano.nature.com">https://nano.nature.com</a> )
И.2	SpringerMaterials ( <a href="https://materials.springer.com">https://materials.springer.com</a> )
И.3	Royal Society of Chemistry ( <a href="https://pubs.rsc.org/en/journals">https://pubs.rsc.org/en/journals</a> )
И.4	ScienceDirect ( <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a> )
И.5	Scopus ( <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a> )

#### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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