

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

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)

# Физико-химия и технология наноструктур

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 9

аудиторные занятия

68

курсовая работа 9

самостоятельная работа

76

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*дтн, профессор, Козлов Владимир Валентинович*

Рабочая программа

**Физико-химия и технология наноструктур**

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 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , 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 понятиям физических и химических свойств наноструктур на основе современной теории физики и химии твердого тела с использованием необходимых сведений квантовой механики (структура; квантово-размерный эффект; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства) и представлений теории механизма и кинетики синтеза наноструктур в гетерогенной системе, методам синтеза наноструктур и научить контролировать параметры наноструктур с помощью современных аналитических методов.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.13
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Магнитные измерения	
2.1.2	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.1.3	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.1.4	Нанoeлектроника полупроводниковых приборов и устройств	
2.1.5	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.1.6	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.1.7	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.1.8	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.1.9	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.1.10	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.1.11	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.1.12	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.1.13	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.1.14	Полевые полупроводниковые приборы	
2.1.15	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.1.16	Приемники оптического излучения	
2.1.17	Физика импульсного отжига	
2.1.18	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.1.19	Физические основы электроники	
2.1.20	Функциональная нанoeлектроника	
2.1.21	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.22	Инженерная математика	
2.1.23	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.24	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.25	Технология материалов электронной техники	
2.1.26	Физика диэлектриков	
2.1.27	Физика магнитных явлений	
2.1.28	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.29	Актуальные проблемы современной электроники, нанoeлектроники и магнитоэлектроники	
2.1.30	Физические свойства кристаллов	
2.1.31	Практическая кристаллография	
2.1.32	Физика	
2.1.33	Физическая химия	
2.1.34	Электротехника	
2.1.35	Математика	
2.1.36	Органическая химия	
2.1.37	Информатика	
2.1.38	Химия	
2.1.39	Инженерная и компьютерная графика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике	
2.2.2	Компьютерные технологии в исследованиях материалов электроники и нанoeлектроники	

2.2.3	Компьютерные технологии в научных исследованиях
2.2.4	Мессбаэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники
2.2.5	Микросхемотехника
2.2.6	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии
2.2.7	Приборные структуры на некристаллических материалах
2.2.8	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках
2.2.9	Приборы и устройства магнитоэлектроники
2.2.10	Приборы и устройства на основе наносистем
2.2.11	Программирование микроконтроллеров
2.2.12	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1
2.2.13	Технология наногетероструктур
2.2.14	Конструирование светоизлучающих устройств
2.2.15	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии
2.2.16	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов
2.2.17	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства
2.2.18	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.19	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования
2.2.20	Физика и техника магнитной записи
2.2.21	Физика СВЧ полупроводниковых приборов
2.2.22	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)
2.2.23	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений А2В6
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.25	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

#### ЦПК-3: Применяет программные алгоритмы обработки данных для инженерно-научных расчетов

##### Знать:

ЦПК-3-31 Реализацию синергетического эффекта ИК-нагрева для синтеза наноструктур металла из гетерогенной системы сольметалла-полимер; внедрять наноструктуры в современные процессы технологии электроники (аддитивная технология); рассчитывать параметры свойств на основе современной теории синтеза наноструктур; рассчитывать и выбирать технологические параметры процессов синтеза

**ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения**

##### Знать:

ОПК-4-31 Разрабатывать технологические процессы синтеза наноструктур на основе физических и химических свойств исходных компонентов с помощью теории механизма и кинетики процессов в гетерогенной системе и методов синтеза наноструктур

**ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности**

##### Знать:

ОПК-1-31 Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства)

#### ЦПК-3: Применяет программные алгоритмы обработки данных для инженерно-научных расчетов

##### Уметь:

ЦПК-3-У1 Определять свойства наноструктур (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства); устанавливать зависимости свойств вещества с учетом квантово-размерного эффекта; рассчитывать и выбирать условия химических реакций получения наноструктур

**ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения**

##### Уметь:

ОПК-4-У1 Измерить параметры и свойства наноструктур; использовать ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную

спектроскопии, дифференциальную сканирующую калориметрию, термогравиметрический анализ рентгенофазовый анализ для контроля синтеза наноструктур
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Разрабатывать и обосновывать последовательность технологических стадий синтеза наноструктур при ИК-нагреве композита на основе полимера и соли металла; представлять механизм синтеза с описанием реакций, происходящих в гетерогенной системе
<b>ЦПК-3: Применяет программные алгоритмы обработки данных для инженерно-научных расчетов</b>
<b>Владеть:</b>
ЦПК-3-В1 Способом выбора, обоснования и расчета метода для реализации синтеза наноструктур
<b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 Опыт самостоятельной работы с литературой для поиска информации о различных методах и процессах синтеза наноструктур, а также решения теоретических и практических задач синтеза наноструктур
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Анализ и контроль свойств (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства) наноструктур

#### 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. Перспективные свойства наноструктур (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства) для развития электроники</b>							
1.1	Закономерности синтеза наноструктур. Основные методы синтеза наноструктур /Лек/	9	5	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.7Л3.2 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1,Р2
1.2	Определение состава наноматериала на основе атомных и весовых количеств компонентов /Пр/	9	12	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р3,Р4
1.3	Свойства наноструктур (электрические, магнитные, оптические, химические свойства) /Ср/	9	26	ЦПК-3-31 ЦПК-3-У1 ЦПК-3-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.8Л3.3 Л3.4 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р5,Р6

1.4	Синтез металлоуглеродных нанокompозитов при ИК-нагреве гетерогенной системы соль металла-полимер и исследование его свойств /Лаб/	9	6	ОПК-1-У1 ОПК-4-У1 ЦПК-3-У1	Л2.1 Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.7 Л2.8Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р7
	<b>Раздел 2. Методы синтеза наноструктур</b>							
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/	9	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.7Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1,Р2
2.2	Изменение свойств наноструктур с помощью квантово-размерного эффекта /Пр/	9	11	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.7 Л2.8Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р3,Р4
2.3	Метод синтеза металлических наноструктур с помощью ИК-нагрева композитов на основе солей металлов и полимеров /Ср/	9	25	ЦПК-3-31 ЦПК-3-У1 ЦПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.8Л3.1 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р5,Р6
2.4	Синтез углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева полимеров /Лаб/	9	6	ОПК-1-В1 ЦПК-3-В1 ОПК-4-В1	Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.7Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л2.8Л3.5 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р7
	<b>Раздел 3. Методы контроля свойств и синтеза наноструктур</b>							
3.1	Синергетический эффект и гетерогенный механизм синтеза наноструктур при ИК-нагреве композита соль металла-полимер /Лек/	9	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.8Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1	Р1,Р2
3.2	Расчет термодинамических потенциалов (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) для процессов в гетерогенной системе соль металла-полимер при нагреве /Пр/	9	11	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.3Л2.4 Л2.7 Л2.8Л3.4 Л3.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р3,Р4

3.3	Методы контроля наноструктур (электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, атомно-силовая микроскопия, ультрафиолетовая и видимая спектроскопия) /Ср/	9	25	ЦПК-3-31 ЦПК-3-У1 ЦПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.7 Л2.8Л3.3 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	Р5,Р6
3.4	Модифицирование свойств металлоуглеродного нанокompозита с помощью квантово-размерного эффекта наноструктур /Лаб/	9	5	ОПК-1-В1 ОПК-4-В1 ЦПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л2.4 Л2.7 Л2.8 Л1.2Л2.1 Л2.5Л3.1 Л3.2 Л3.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3,К М2	Р7

### 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-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1	Особенности закономерностей химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии; взаимозависимости физических и химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии: Два направления нанотехнологии Квантово-размерный эффект Оптический квантово-размерный эффект Использование наночастиц Ag для низкотемпературного сплавления Механизм роста углеродных нанотрубок с использованием СО Метод синтеза нанокompозита FeNi3/C на основе данных методов ДСК и ТГА. Модифицирование свойств нанокompозита Cu/C (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, оптические, механические свойства) с помощью квантово-размерного эффекта. Основы физико-химической теории зарождения наночастиц
КМ2	Контрольная работа	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Синтез металлоуглеродных нанокompозитов под действием ИК-нагрева Основные типы твердотельных наноструктур Превращения в полимере при ИК-нагреве Метод дифференциальной сканирующей калориметрии Температурная зависимость проводимости для углеродного нанокристаллического материала и нанокompозита Me/C
КМ3	Коллоквиум	ЦПК-3-31;ЦПК-3-У1;ЦПК-3-В1	Установка ИК-нагрева Синергетический эффект ИК-нагрева Метод получения углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева Фазовый состав углеродного материала, полученного при карбонизации полиакрилонитрила Метод ИК спектроскопии Гетерогенные системы Видимая и УФ спектроскопия Зависимость растворения полиакрилонитрила от времени на основе данных с помощью УФ спектроскопии УФ спектрометр Evolution 300

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

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
------------	-----------------	------------------------------------	-------------------

P1	Практическая работа №1. Определение состава наноматериала на основе атомных и весовых количеств компонентов	ОПК-1-У1	Свойства наноматериалов. Квантово-размерный эффект. Зависимость свойств наноматериала от состава. Определение состава наноматериала с помощью рентгенофазового метода.
P2	Практическая работа №2. Изменение свойств наноструктур с помощью квантово-размерного эффекта	ОПК-1-У1	Особенность свойств наноматериала. Квантово-размерный эффект. Зависимость свойств наноматериалов от размера. Контроль свойств наноматериала. Практическое использование наноматериалов.
P3	Практическая работа №3. Расчет термодинамических потенциалов (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) для процессов в гетерогенной системе соль металла-полимер при нагреве	ОПК-1-В1	Исследование процессов в композите с помощью термодинамических потенциалов. Энтальпия. Энтропия. Энергия Гиббса. Расчет изменения термодинамических потенциалов при нагреве композита. Механизм самоорганизации.
P4	Курсовая работа. Синтез наночастиц Си в углеродной матрице при ИК-нагреве композита Си ацетат-полиакрилонитрил и исследование их свойств с помощью электронная микроскопии, рентгенофазового анализа, атомно-силовой микроскопии и ультрафиолетовой и видимой спектроскопии	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Свойства наночастиц. Стабилизирующая роль полимерной матрицы при синтезе металлических наночастиц. Механизм синтеза металлических наночастиц при нагреве композита. Синергетический эффект ИК-нагрева полимерных композитов. Процессы синтеза наночастиц Си в полимерной матрице. Превращение полимера в углеродный материал. Практическое использование нанокompозита
P5	Синтез металлоуглеродных нанокompозитов при ИК-нагреве гетерогенной системы соль металла-полимер и исследование его свойств	ОПК-1-В1;ОПК-1-У1	Квантово-размерный эффект. Синтез металлоуглеродного нанокompозита. Исследование электропроводности металлоуглеродного нанокompозита.
P6	Синтез металлоуглеродных нанокompозитов при ИК-нагреве гетерогенной системы соль металла-полимер и исследование его свойств	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Методы синтеза металлоуглеродных нанокompозитов. Особенность синтеза металлоуглеродного нанокompозита при ИК-нагреве. Механизм синтеза металлоуглеродного нанокompозита.



P7	Синтез углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева полимеров	ОПК-1-У1;ОПК-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.)

Экзамен не предусмотрен по этому курсу

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

Зачет проставляется после выполнения всех практических и домашних работ. Оценка выставляется как средняя арифметическая величина от суммы оценок за практические и домашние работы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Раков Э. Г.	Неорганические наноматериалы	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.2	Левина Вера Васильевна, Конюхов Юрий Владимирович, Филонов Михаил Рудольфович, 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
Л1.3	Падерин Сергей Никитович, Серов Геннадий Владимирович	Физико-химия металлов и неметаллических материалов: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Грахов А. Е., Ю-Винг М., Жонг-Женг Ю.	Полимерные нанокомпозиты: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2011
Л2.2	Илюшин В. А.	Физикохимия наноструктурированных материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л2.3	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
Л2.4	Козлов Г. В., Заиков Г. Е., Стоянов О. В., Кочнев А. М.	Дисперсно-наполненные полимерные нанокомпозиты: монография	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2012
Л2.5	Корабельников Д. В., Кравченко Н. Г., Поплавной А. С.	Физика наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016
Л2.6	Блееман А. И., Даньшина В. В., Полонянkin Д. А.	Теоретические основы методов исследования наноматериалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017
Л2.7	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.8	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и наноэлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Ларичев Т. А., Морозов В. П., Кожухова Т. Ю.	Химия: опорные конспекты и методические указания: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009
Л3.2	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
Л3.3	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
Л3.4	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
Л3.5	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
Л3.6	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
Л3.7	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
Л3.8	Летюк Леонид Михайлович, Ануфриев Александр Николаевич, Морченко Александр Тимофеевич	Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
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

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

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.