

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2eb454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Теоретические основы получения наноструктурных поверхностей

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

21

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	7	7	7	7
Практические	27	27	27	27
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	21	21	21	21
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Кирюханцев-Корнеев Филипп Владимирович*

Рабочая программа

**Теоретические основы получения наноструктурных поверхностей**

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 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-22-4.plx Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 28.03.2022 г., №12

Руководитель подразделения Е.А. Левашов

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Научить основам комплексного научного подхода при проектировании и создании различных видов наноструктурных поверхностей, обучить выбору составов наноструктурных поверхностей различного назначения с учетом требуемых свойств для конкретного применения, теоретическим основам конструирования наноструктурных поверхностей, особенностям методов контроля свойств наноструктурных поверхностей, управлять технологическими процессами получения наноструктурных поверхностей, эксплуатировать оборудование.
-----	---

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Научно-исследовательская практика	
2.1.2	Порошковые конструкционные материалы общемашиностроительного и специального назначения	
2.1.3	Теоретические основы прессования и спекания	
2.1.4	Закономерности, механизмы и методы диагностики процессов горения в СВС-системах	
2.1.5	Получение металлических порошков	
2.1.6	Свойства порошков и методы их определения	
2.1.7	Методы аттестации наноструктурных поверхностей	
2.1.8	Процессы СВС как основы синтеза неорганических материалов	
<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>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-31	общую характеристику технологического цикла получения наноструктурных поверхностей
ПК-4-32	пути достижения требуемых свойств наноструктурных поверхностей различного назначения
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-32	современные образовательные и информационные технологии в сфере инженерии поверхности
ПК-3-31	пути ресурсосбережения и ресурсо-экономических характеристик технологических процессов получения наноструктурированных поверхностей
<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-4-У1	описывать и анализировать технологические схемы производства наноструктурных поверхностей, сопоставлять преимущества и недостатки, ограничения и перспективы возможных вариантов
ПК-4-У2	выполнять расчет составов наноструктурных поверхностей при различных вариантах их получения
ПК-4-У4	использовать фундаментальные общеинженерные знания
ПК-4-У3	проводить литературный и патентный поиск
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У2	определять физико-механические и эксплуатационные свойства наноструктурных поверхностей
ПК-3-У1	определять и описывать фазовый состав наноструктурных поверхностей

<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В2 методиками определения ресурсо-экологических показателей технологических процессов получения наноструктурированных поверхностей
ПК-4-В1 навык самостоятельной работы с литературой для поиска информации для решения теоретических и практических типовых системных задач, связанных с практической деятельностью в области инженерии поверхности
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В2 методами исследования, планированием и проведением необходимых экспериментов, навыками интерпретировать результаты и делать выводы
ПК-3-В1 навыками проведения измерения физических и эксплуатационных свойств наноструктурных поверхностей

#### 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. Закономерности роста и фазообразования наноструктурных и нанокomпозиционных покрытий</b>							
1.1	Нанообъекты живой и неживой природы. Положение в размерной шкале. Особенности строения и свойств наноматериалов. Классификация наноматериалов. Объёмные и плёночные наноматериалы Формирование покрытий в вакууме. Модели роста покрытий. Модель Фольмера-Вебера. Модель Ван дер Мерве. Модель Странского-Крастанова. Эпитаксиальный рост. Механизм формирования структуры одно- и многокомпонентных покрытий. Пути управления структурой. Условия получения нанокристаллической структуры покрытий.. Механизмы упрочнения. Прямой и обратный закон Питча-Холла Модели нанокomпозитов С. Вепрека и Дж. Музила. Нанослойные покрытия. Контрольная работа №1. /Лек/	3	7	ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5		КМ1	

1.2	Теоретическая реализация концепций сверхтвёрдых материалов, сравнительный анализ тонкой структуры и свойств, покрытий, полученных в соответствии с разными концепциями Практическая реализация концепций сверхтвёрдых материалов, сравнительный анализ тонкой структуры и свойств, покрытий, полученных в соответствии с разными концепциями /Пр/	3	7	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2				P2,P3
1.3	Исследование закономерностей роста, структуры и свойств нанокomпозиционных покрытий в системе Me-B-N (Me:Cr,Ti...) /Лаб/	3	4	ПК-3-У1 ПК-3-В2 ПК-4-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2				P1
1.4	Подготовка к контрольной, подготовка реферата /Ср/	3	10	ПК-4-У3 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5				
	<b>Раздел 2. Нанокomпозиционные покрытия: особенности состава, структуры, свойств, исследования и применений</b>								

2.1	<p>Твёрдые, сверхтвёрдые и ультратвёрдые нанокomпозиционные покрытия. Покрытия для трибологических применений с высокой износостойкостью. Нанокomпозиционные покрытия с высокой термической стабильностью, стойкостью к газовой и электрохимической коррозии. Антифрикционные многокомпонентные покрытия</p> <p>Наноструктурные покрытия неметаллургического назначения: биосовместимые, биоактивные, бактерицидные, оптические, резистивные. Особенности исследования структуры нанокomпозиционных покрытий. Спектроскопические методы. Оптическая спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Инфракрасная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Вторично-ионная масс спектрометрия. Оптическая эмиссионная спектроскопия тлеющего разряда. Контрольная работа №2. /Лек/</p>	3	10	ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5		КМ2	
-----	--	---	----	--	---	--	-----	--

2.2	Теоретическая оценка влияния химического состава и структуры на уровень твёрдости нанокomпозиционных покрытий Практическая оценка влияния химического состава и структуры на уровень твёрдости нанокomпозиционных покрытий Теоретические вопросы получения методом комбинированного ионно-плазменного метода самосмазывающихся нанокomпозиционных покрытий получения методом комбинированного ионно-плазменного метода самосмазывающихся нанокomпозиционных покрытий Определение влияния структурных характеристик на электрические свойства покрытий Исследование элементного состава методом оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда Исследование фазового состава методом спектроскопии комбинационного рассеяния света и инфракрасной спектроскопии /Пр/	3	20	ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-У4 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			P5,P6,P7,P8,P9,P10
2.3	Сравнительное изучение жаростойкости наноструктурных и микроструктурных покрытий /Лаб/	3	3	ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2			P4
2.4	подготовка к контрольной, подготовка реферата /Ср/	3	11	ПК-4-32 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5			

## 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	Контрольная работа №1	ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-4-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	<p>- Положение наноматериалов в размерной шкале.</p> <p>Классификация наноматериалов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Классификация методов получения наноматериалов. Метод получения наноматериалов Глейтера</li> <li>- Метод РКУП для получения наноматериалов</li> <li>- Метод получения наноматериалов кристаллизацией из аморфного состояния</li> <li>- Специфические структурные характеристики и свойства наноматериалов</li> <li>- Принцип создания наноструктурных покрытий</li> <li>- Связь между механизмом роста и характером сопряжения.</li> </ul> <p>Примеры систем</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Механизм роста Франка и Ван дер Мерве</li> <li>- Механизм роста Крастанова-Странского</li> <li>- Механизм роста Фольмера-Вебера</li> <li>- Модель структурных зон Мовчана-Демчишина</li> <li>- Дополненная модель структурных зон Торнтон</li> <li>- Влияние ионной бомбардировки, конфигурации магнитных полей и легирования третьим элементом на положения зон в МСЗ</li> <li>- Прямой и обратный законы Питча-Холла</li> <li>- Принцип создания сверхтвёрдых нанокomпозиционных материалов.</li> </ul>
КМ2	Контрольная работа №2	ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	<p>-Критерии определяющие износостойкость твёрдых наноструктурных покрытий.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Термическая стабильность микро- и нанокристаллических (например nc-TiN/a-SiN, nc-TiN/a-BN) покрытий</li> <li>-Сравнение характеристик материалов, применяемых для изготовления антифрикционных покрытий. Покрытия на основе DLC.</li> <li>-Антифрикционные покрытия на основе сульфидов и селенидов Mo и W</li> <li>-История создания защитных покрытий. Сравнительные характеристики твёрдых износостойких покрытий, в том числе с нанокomпозиционной структурой, применяемых в промышленности.</li> <li>-Испытания биосовместимых покрытий in-vivo и in-vitro</li> <li>-Причины сверхвысокой твёрдости нанокomпозиционных покрытий. Механизмы повышения термической стабильности нанокomпозиционных покрытий (на примере системы nc-TiN/a-SiN)</li> <li>-Покрытия типа «хамелеон». Концепция создания, составы, оборудование для получения</li> <li>-Биосовместимые объёмные материалы и покрытия.</li> <li>-Типы жаростойких покрытий. Аморфные покрытия со сверхвысокой жаростойкостью.</li> </ul>

КМЗ	Экзамен	ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Положение наноматериалов в размерной шкале. Классификация наноматериалов</li> <li>- Классификация методов получения наноматериалов. Метод получения наноматериалов Глейтера</li> <li>- Метод РКУП для получения наноматериалов</li> <li>- Метод получения наноматериалов кристаллизацией из аморфного состояния</li> <li>- Специфические структурные характеристики и свойства наноматериалов</li> <li>- Принцип создания наноструктурных покрытий</li> <li>- Связь между механизмом роста и характером сопряжения.</li> </ul> <p>Примеры систем</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Механизм роста Франка и Ван дер Мерве</li> <li>- Механизм роста Крастанова-Странского</li> <li>- Механизм роста Фольмера-Вебера</li> <li>- Модель структурных зон Мовчана-Демчишина</li> <li>- Дополненная модель структурных зон Торнтон</li> <li>- Влияние ионной бомбардировки, конфигурации магнитных полей и легирования третьим элементом на положения зон в МСЗ</li> <li>- Прямой и обратный законы Питча-Холла</li> <li>- Принцип создания сверхтвёрдых нанокomпозиционных материалов.</li> <li>-Критерии определяющие износостойкость твёрдых наноструктурных покрытий.</li> <li>-Термическая стабильность микро- и нанокристаллических (например nc-TiN/a-SiN, nc-TiN/a-BN) покрытий</li> <li>-Сравнение характеристик материалов, применяемых для изготовления антифрикционных покрытий. Покрытия на основе DLC.</li> <li>-Антифрикционные покрытия на основе сульфидов и селенидов Mo и W</li> <li>-История создания защитных покрытий. Сравнительные характеристики твёрдых износостойких покрытий, в том числе с нанокomпозиционной структурой, применяемых в промышленности.</li> <li>-Испытания биосовместимых покрытий in-vivo и in-vitro</li> <li>-Причины сверхвысокой твёрдости нанокomпозиционных покрытий. Механизмы повышения термической стабильности нанокomпозиционных покрытий (на примере системы nc-TiN/a-SiN)</li> <li>-Покрытия типа «хамелеон». Концепция создания, составы, оборудование для получения</li> <li>-Биосовместимые объёмные материалы и покрытия.</li> <li>-Типы жаростойких покрытий. Аморфные покрытия со сверхвысокой жаростойкостью</li> </ul>
-----	---------	---	---

**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	Лабораторная работа №1 "Исследование закономерностей роста, структуры и свойств нанокomпозиционных покрытий в системе Me-B-N (Me:Cr,Ti...)"	ПК-3-У1;ПК-3-В2;ПК-4-У2	Знакомство с особенностями формирования нанокomпозитной структуры многокомпонентных покрытий при варьировании параметров магнетронного напыления. 4 ч.

P2	Практическая работа №1 "Теоретическая реализация концепций сверхтвёрдых материалов, сравнительный анализ тонкой структуры и свойств, покрытий, полученных в соответствие с разными концепциями"	ПК-3-31;ПК-4-У1;ПК-4-32	Изучение теоретических подходов по наноструктурированию покрытий при вакуумном осаждении. 3 ч.
P3	Практическая работа №2 "Практическая реализация концепций сверхтвёрдых материалов, сравнительный анализ тонкой структуры и свойств, покрытий, полученных в соответствие с разными концепциями"	ПК-3-31;ПК-4-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	Знакомство с вакуумными плазменными источниками и технологическим оборудованием, обеспечивающими получение наноструктурных покрытий, в зависимости от материала катода и конфигурации рабочего пространства, 4 ч.
P4	Лабораторная работа №2 "Сравнительное изучение жаростойкости наноструктурных и микроструктурных покрытий"	ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Оценка жаростойкости покрытий различных структурных типов с помощью изотермических отжигов на воздухе. 3 ч.
P5	Практическая работа №3 "Теоретическая оценка влияния химического состава и структуры на уровень твёрдости нанокomпозиционных покрытий"	ПК-4-В1;ПК-4-У4;ПК-4-У3;ПК-4-32	Обработка данных структурных исследований. 2 ч. Сравнение данных структурных исследований покрытий, полученных при варьировании парциального давления азота. 1 ч. Прогнозирование характерных отличий механических характеристик. 2 ч.
P6	Практическая работа №4 "Практическая оценка влияния химического состава и структуры на уровень твёрдости нанокomпозиционных покрытий"	ПК-4-В1;ПК-4-У4;ПК-4-У3;ПК-3-У2	Сравнение данных измерения механических характеристик покрытий методами наноиндентирования и микроиндентирования. 3 ч. Установление взаимосвязей между результатами измерений и структурными особенностями нанопокровтий. 2 ч.

P7	Практическая работа №5 "Теоретические вопросы получения методом комбинированного ионно-плазменного метода самосмазывающихся нанокomпозиционных покрытий"	ПК-3-В2;ПК-4-32;ПК-4-У1;ПК-4-У4	Получение покрытий, содержащих твёрдую износостойкую и самосмазывающую фазы, методом, комбинирующим магнетронное, ионное распыление и ионную имплантацию. 4 ч.
P8	Практическая работа №6 "Определение влияния структурных характеристик на электрические свойства покрытий"	ПК-3-В1;ПК-4-У4;ПК-3-32	Определение влияния размера кристаллитов на электрическую проводимость наноструктурных покрытий.
P9	Практическая работа №7 "Исследование элементного состава методом оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда"	ПК-3-У1;ПК-4-У2	Знакомство с методом оптической эмиссионной спектроскопии применительно к исследованию нанослойных покрытий.
P10	Практическая работа №8 "Исследование фазового состава методом спектроскопии комбинационного рассеяния света и инфракрасной спектроскопии"	ПК-3-У1;ПК-3-В2	Исследование нанокomпозитных покрытий, содержащих неметаллические фазы (DLC, BN, SiNx) спектроскопическими методами.

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Теоретические основы получения наноструктурных поверхностей"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"

Институт экотехнологий и инжиниринга

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки "Металлургия", 22.04.02

Теоретические основы получения наноструктурных поверхностей

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4

1. Метод получения наноматериалов кристаллизацией из аморфного состояния
2. Принцип создания сверхтвёрдых нанокomпозиционных материалов.
3. Прямой и обратный законы Питча-Холла

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

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

Методика оценки обучающегося на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся демонстрирует глубокие знания по программе дисциплины, может установить логические связи между свойствами исходных материалов, технологическими параметрами и свойствами готовых изделий (материалов), грамотно излагает материал при ответе.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания по программе дисциплины, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает наличие знания по программе дисциплины, исправляет сделанные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не знает основные теоретические положения по программе дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос .

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Шустиков А. А., Ханнинк Р., Хилл А.	Наноструктурные материалы: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2009
Л1.2	Корабельников Д. В., Кравченко Н. Г., Поплавной А. С.	Физика наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016
Л1.3	Никифорова Э. М., Еромасов Р. Г., Шиманский А. Ф.	Физикохимия керамических, композиционных и наноматериалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016
Л1.4	Андриевский Р. А.	Наноматериалы на металлической основе в экстремальных условиях: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2016
Л1.5	Андриевский Р. А.	Основы наноструктурного материаловедения: возможности и проблемы: монография	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л1.6	Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С.	Новые материалы	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2002

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Вологжанина С. А., Петкова А. П., Солнцев Ю. П.	Нанотехнологии и специальные материалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Химиздат, 2020
Л2.2	Малахова Г. В., Витязь П. А., Солнцев К. А.	Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий	Электронная библиотека	Минск: Белорусская наука, 2011
Л2.3	Квеглис Л. И., Кашкин В. Б., Шабанов В. Ф.	Диссипативные структуры в тонких нанокристаллических пленках: монография	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л2.4	Верещагина Я. А.	Инновационные технологии: введение в нанотехнологии: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно- исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2009

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.5	Звонарев С. В., Кортов В. С., Штанг Т. В.	Моделирование структуры и свойств наносистем: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Кирюханцев-Корнеев Ф. В.	Научные и технологические принципы нанесения покрытий методами физического и химического осаждения. Методы получения и исследования покрытий: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л3.2	Петржик М. И., Кирюханцев-Корнеев Ф. В., Воробьева М. В.	Методы аттестации наноструктурных поверхностей. Методы формирования и исследования функциональных поверхностей: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	
И.1	sciencedirect.com
И.2	springerlink.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
К-107	Лаборатория прессования и формования:	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
К-01	Лаборатория ионно-плазменного осаждения функциональных покрытий:	прибор Импакт Тестор, установка UDP 850/4, трибометр высокотемпературный, ультразвуковой генератор УЗГ-3-4

К-05	Лаборатория спектроскопии:	комплекс для оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда на основе спектрометра Profiler 2 фирмы Horiba Jobin Yvon (France) для измерения состава покрытий и объемных образцов (1 место оператора)
К-06	Лаборатория спекания и термообработки:	лабораторная вакуумная печь с вольфрамовым нагревателем, вакуумная печь, электропечь SNOL72/1200 2 шт., весы аналитические
К-04	Лаборатория подготовки порошков и механического активирования:	вакуумная шахтная печь, печи для спекания в различных средах, гранулятор смеситель, мельницы
К-107	Лаборатория прессования и формования:	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При проведении занятий используются программы пакета Microsoft Office той версии, которой могут воспользоваться все обучающиеся.