

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 16.11.2023 16:34:02

Уникальный идентификатор:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Нанотехнологии и наноматериалы

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

38

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 20			
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	38	38	38	38
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Подгорная С.В.*

Рабочая программа

### **Нанотехнологии и наноматериалы**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 22.06.2021 г., №11-20/21

Руководитель подразделения Салимон Алексей Игоревич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины:
1.2	научить
1.3	- основам теории и практики разработки и внедрения нанотехнологий.
1.4	– базовым теоретическим знаниям в области размерных явлений, масштабирования, метрологического и нормативно-правового обеспечения нанотехнологий;
1.5	– теоретическим и практическим основам определения понятий в области нанотехнологий;
1.6	– основам проведения исследований, хранения и транспортировки наноматериалов.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		2.1.3
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	3D-моделирование машин, агрегатов и процессов	
2.1.2	Биоматериаловедение	
2.1.3	Высокотемпературные и сверхтвердые материалы	
2.1.4	Геолого-маркшейдерское обеспечение горных работ	
2.1.5	Геотехнологии освоения месторождений полезных ископаемых	
2.1.6	Диагностика, экспертиза и коррозионный мониторинг состояния металлических материалов	
2.1.7	Инновационные конструкционные материалы	
2.1.8	Инновационные литейные технологии	
2.1.9	Инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий	
2.1.10	Композиционные наноматериалы	
2.1.11	Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород	
2.1.12	Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород	
2.1.13	Логистика и экодизайн технологий черной металлургии	
2.1.14	Материаловедение и технологии материалов электроники	
2.1.15	Материаловедение функциональных материалов	
2.1.16	Металловедение и технологии легких сплавов	
2.1.17	Методология проектирования горных предприятий	
2.1.18	Механика подземных сооружений	
2.1.19	Обеспечение безопасного применения электроэнергии на предприятиях минерально-сырьевого комплекса	
2.1.20	Оптика и физика лазеров	
2.1.21	Организация и обеспечение качества аналитического контроля	
2.1.22	Порошковые, композиционные, аддитивные материалы и покрытия	
2.1.23	Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники	
2.1.24	Проблемы надежности горных машин и оборудования	
2.1.25	Процессы и технологии обогащения и глубокой переработки минерального сырья	
2.1.26	Ресурсосбережение и комплексное использование сырья в металлургии цветных, редких и благородных металлов	
2.1.27	Строительная геотехнология	
2.1.28	Теоретические исследования и моделирование перспективных сталеплавильных и ферросплавных процессов	
2.1.29	Теоретические основы и средства компьютерного моделирования процессов ОМД	
2.1.30	Теория и практика решения металлургических задач	
2.1.31	Термохимия материалов и термодинамическое моделирование	
2.1.32	Технологические основы получения материалов макро-, микро- и наноэлектроники	
2.1.33	Физика конденсированного состояния	
2.1.34	Физика конденсированного состояния и квантовые технологии	
2.1.35	Физика конденсированного состояния функциональных материалов	
2.1.36	Физика наноразмерных материалов и структур	
2.1.37	Физика полупроводников и диэлектриков	
2.1.38	Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники	
2.1.39	Физико-химия наноматериалов	
2.1.40	Физико-химия процессов и материалов	
2.1.41	Химия и технология переработки твердых горючих ископаемых	

2.1.42	Академическое письмо
2.1.43	Иностранный язык
2.1.44	История и философия науки
2.1.45	Физико-химические и химические процессы обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.2	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.3	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.4	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.5	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.6	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.7	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.8	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.9	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.10	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.11	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.12	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.13	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.14	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.15	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.16	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.17	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.18	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.19	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.20	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.21	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.22	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.23	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.24	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.25	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.26	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.27	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.28	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.29	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.30	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.31	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.32	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.33	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.34	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.35	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.36	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.37	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.38	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.39	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.40	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.41	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.42	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

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

**А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты**

<b>Знать:</b>
А-3-31 методы проведения научно-исследовательских работ по получению и испытанию наноматериалов
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Знать:</b>
А-2-31 методику проведения научного эксперимента по контролю, измерению и испытанию наноматериалов
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Знать:</b>
А-1-31 проведение научного поиска, применение научно-исследовательских разработок
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
А-3-У1 выбирать оборудование при проведении научно-исследовательских работ
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Уметь:</b>
А-2-У1 проводить научный эксперимент и анализировать его результаты
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Уметь:</b>
А-1-У1 проводить научный эксперимент и применять научно-исследовательские разработки
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Владеть:</b>
А-3-В1 навыками проведения научно-исследовательских работ по получению и испытанию наноматериалов
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Владеть:</b>
А-2-В1 навыками анализа результатов научного эксперимента
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Владеть:</b>
А-1-В1 навыком проведения научного поиска

#### 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. Фундаментальные физико-химические основы нанотехнологий</b>							
1.1	Поиск и обзор литературы и электронных источников /Ср/	7	4	А-1-31 А-1-У1 А-1-В1 А-2-31 А-2-У1 А-2-В1 А-3-31 А-3-У1 А-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л2.4Л3. 1 Э2			
1.2	Поиск и обзор литературы и электронных источников /Ср/	7	4	А-1-31 А-1-У1 А-1-В1 А-2-31 А-2-У1 А-2-В1 А-3-31 А-3-У1 А-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л2.3Л3. 1 Э1			

1.3	Поиск и обзор литературы и электронных источников Размерные зависимости механических, физических и химических свойств материалов. Оптимальные размеры в нанотехнологиях /Ср/	7	4	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л3.1			
1.4	Поиск и обзор литературы и электронных источников. Понятие самоорганизации и самосборки. /Ср/	7	4	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л2.2 Л2.4Л3.1			
1.5	Обсуждение роли объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов. Типы взаимодействия между нанобъектами. /Пр/	7	3	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л2.4Л3.1			
1.6	Методы исследования и диагностика нанобъектов и наносистем. /Пр/	7	3	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л2.4Л3.1 Э2			
1.7	Квантово-размерный эффект в полупроводниковых наноматериалах. /Пр/	7	3	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.2Л3.1			
1.8	Определение размеров наноматериалов. капиллярность и смачивание в наноматериалах /Пр/	7	3	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л3.1		КМ2	
1.9	Поиск и обзор литературы и электронных источников /Ср/	7	11	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л2.3Л3.1 Э1			
1.10	Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанотехнологий. История возникновения нанотехнологий и наук о наносистемах. Междисциплинарность. Примеры нанобъектов и наносистем, их особенности и технологические приложения. Объекты и методы нанотехнологий. Принципы и перспективы развития нанотехнологий. /Лек/	7	2	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1			

1.11	Особенности физических взаимодействий на наномасштабах. Роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов. Механика нанобъектов. Сила трения. Кулоновское взаимодействие. Силы Ван-дер-Ваальса. Оптика нанобъектов. Соотношение длины волны света и размеров наночастиц. Различия в распространении света в однородных и наноструктурированных средах. Особенности магнитных свойств наночастиц. /Лек/	7	2	A-1-31 A-1-Y1 A-1-B1 A-2-31 A-2-Y1 A-2-B1 A-3-31 A-3-Y1 A-3-B1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1			
1.12	Методы исследования и диагностика нанобъектов и наносистем. Оптические и нелинейно-оптические методы диагностики. Особенности конфокальной микроскопии. Электронная микроскопия (ПЭМ и СЭМ). Электронная спектроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия: Силовая микроскопия. Спектроскопия атомных силовых взаимодействий. Туннельная микроскопия и спектроскопия. Оптическая микроскопия ближнего поля. Применение сканирующей зондовой микроскопии в нанотехнологиях. /Лек/	7	2	A-1-31 A-1-Y1 A-1-B1 A-2-31 A-2-Y1 A-2-B1 A-3-31 A-3-Y1 A-3-B1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1			
1.13	Квантовая механика наносистем. Квантоворазмерные эффекты в нанобъектах. Квазичастицы в твердом теле и в наноструктурированных материалах. Квантовые точки. Квантовые эффекты в наноструктурах в магнитном поле. Электропроводимость нанобъектов. Понятие баллистической проводимости. Одноэлектронный эффект /Лек/	7	2	A-1-31 A-1-Y1 A-1-B1 A-2-31 A-2-Y1 A-2-B1 A-3-31 A-3-Y1 A-3-B1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1			
	<b>Раздел 2. Классификация наноматериалов. Получение и применение наноматериалов</b>							



2.1	Поиск и обзор литературы и электронных источников /Ср/	7	4	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.7 Л1.8Л2.1Л3. 1 Э3			
2.2	Поиск и обзор литературы и электронных источников /Ср/	7	7	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1 Э2			
2.3	Механизмы образования нанодисперсных систем.Пористая структура наноматериалов» /Пр/	7	3	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л3.1			
2.4	Надмолекулярная структура полимеров – клубок, глобула. Размер полимерного клубка и глобулы. Микроскопическое фазовое разделение в смесях полимеров. Блок-сополимеры. Микрофазное расслоение в блок-сополимерах. Самосборка и дизайн полимерных наноструктур. /Пр/	7	2	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.7 Л1.8Л2.1Л3. 1 Э3		КМ1	Р1
2.5	Структура пористых и нанодисперсных систем. Морфологическое многообразие нанодисперсных систем. Аморфные и кристаллические материалы. Мезофазы. Классификация нанопористых и нанодисперсных материалов: по геометрическому строению, классификация Радушкевича, по характеру текстуры. Безмодельные характеристики нанопористых материалов. Варианты изменения текстуры в процессе физикохимических превращений. Удельная поверхность материалов, размер частиц и пор /Лек/	7	2	A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1			

2.6	<p>Фундаментальные механизмы образования нанодисперсных систем. Терминология, используемая при изучении дисперсных систем. Фазовые превращения в гомогенных средах. Классическая теория зародышеобразования. Кинетический контроль кристаллообразования. Равновесная форма и поверхностное натяжение твердых фаз. Уравнение Оствальда-Фрейндлиха. Гетерогенное зародышеобразование. Особенности роста кристаллических частиц. Механизмы роста пленок. /Лек/</p>	7	2	<p>A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1</p>	<p>Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1</p>			
2.7	<p>Композитные наноматериалы. Композиты: матрица и наполнитель. Дисперсная фаза: КММ, ККМ, КПМ. Геометрия частиц наполнителя. Классификация композитных материалов. Нанокompозитные материалы. Полимерные нанокompозиты. Свойства нанокompозитов с полимерной матрицей: механические, электрические, оптические. Нанокompозиты с металлической матрицей: определение, примеры и основные свойства. КММ с УНТ в качестве наполнителя. Нанокompозиты с керамической матрицей (ККМ): определение, примеры и основные свойства. КММ и ККМ, использующиеся в инженерных приложениях. Рыночные требования к КММ и ККМ. Механические свойства КММ и ККМ /Лек/</p>	7	2	<p>A-1-31 A-1-У1 A-1-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-3-31 A-3-У1 A-3-В1</p>	<p>Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1</p>			

2.8	<p>Основные подходы к синтезу наноматериалов. Подходы «снизуверх». Молекулярная самосборка. Примеры молекулярной самосборки. Методы получения 0D-наноматериалов: конденсация наночастиц в инертной среде; осаждения в условиях плазмы. Методы получения 1D и 2D-наноматериалов: молекулярно-лучевая эпитаксия (метод физического осаждения), метод химического осаждения (CVD). Механохимический синтез. Золь-гель метод: механизм, последовательность стадий. Применение золь-гель метода для синтеза объемных наноматериалов и покрытий. Другие методы получения наноструктурированных материалов: криохимическая технология, пиролиз аэрозолей, сверхкритическая сушка, гидротермальный метод. Синтез с использованием шаблонов (темплатов). Химические источники тока. /Лек/</p>	7	3	<p>A-1-31 A-1-Y1 A-1-B1 A-2-31 A-2-Y1 A-2-B1 A-3-31 A-3-Y1 A-3-B1</p>	<p>Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л3.1</p>			
-----	--	---	---	---	---	--	--	--

### 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 2	А-3-31;А-3-У1;А-3-В1;А-2-31;А-2-У1;А-2-В1;А-1-31;А-1-У1;А-1-В1	<p>Модуль 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Морфологическое многообразие нанодисперсных систем. Аморфные и кристаллические материалы. Мезофазы. Классификация нанопористых и нанодисперсных материалов: по геометрическому строению, классификация Радужкевича, по характеру текстуры.</li> <li>2. Безмодельные характеристики нанопористых и нанодисперсных материалов.</li> <li>3. Удельная поверхность материалов, размер частиц и пор.</li> <li>4. Терминология, используемая при изучении дисперсных систем. Фазовые превращения в гомогенных средах. Классическая теория зародышеобразования. Кинетический контроль кристаллообразования.</li> <li>5. Равновесная форма и поверхностное натяжение твердых фаз.</li> <li>6. Гетерогенное зародышеобразование. Особенности роста кристаллических частиц. Механизмы роста пленок.</li> <li>7. Общие подходы к синтезу наноструктурированных материалов. Литографические методы – электронно-лучевая и ионно-лучевая литография, микросферная литография, нанолитография, мягкая литография, микропечать. Микро-электромеханические системы. Механохимия – помол и диспергирование.</li> <li>8. Золь-гель синтез. Стадии. Продукты.</li> <li>9. Композитные материалы: строение и классификация. Примеры.</li> <li>10. Нанокompозиты: отличие от микрокомпозитов, дисперсность и форма частиц наполнителя.</li> <li>11. Нанокompозиты с полимерной матрицей: типы матриц и наполнителя.</li> <li>12. Нанокompозиты с полимерной матрицей: электрические и оптические свойства. Примеры.</li> <li>13. Способы приготовления полимерных нанокompозитов наполненных углеродными нанотрубками – изотропных и анизотропных.</li> </ol>
-----	--------	--	---

KM2	Тест 1	A-3-31;A-3-У1;A-3-B1;A-2-31;A-2-У1;A-1-31;A-2-B1;A-1-У1;A-1-B1	<p>Модуль 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия и определения в науке о наносистемах и в нанотехнологии. Примеры природных и искусственных нанообъектов и наносистем: особенности их физических и химических свойств. Методы нанотехнологий. Классификация наноматериалов по размерности (с примерами).</li> <li>2. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах: роль объема и поверхности – гравитационные и электростатические взаимодействия. Ван-дерВаальсовы взаимодействия. Эффект геккона.</li> <li>3. Особенности поглощения и преломления света в наноструктурированных средах. Качественное объяснение этих эффектов. Фотонные кристаллы. Принцип действия. Особенности магнитных свойств нанообъектов.</li> <li>4. Оптическое разрешение и дифракционный предел. Конфокальная микроскопия. STED-микроскопия.</li> <li>5. Нанодиагностика с помощью электронных и ионных пучков: диагностика и микроанализ. Просвечивающая электронная микроскопия и сканирующая электронная микроскопия: принцип работы, возможности и ограничения.</li> <li>6. Сканирующая зондовая микроскопия: принцип работы атомно-силового и туннельного микроскопа, возможности и ограничения. Сканирующая зондовая спектроскопия.</li> <li>7. Оптическая микроскопия ближнего поля: принцип работы, возможности и ограничения.</li> <li>8. Основные понятия квантовой механики: постулаты Бора, гипотеза де Бройля, принцип неопределенности Гейзенберга, природа волнового процесса и уравнение Шрёдингера.</li> <li>9. Металлы, полупроводники и диэлектрики – зонная теория. Квазичастицы. Уровень Ферми. Закон дисперсии прямозонного полупроводника.</li> <li>10. Типы идеальных твердотельных наноструктур. Квантово-размерный эффект: решение уравнения Шредингера для электрона в бесконечно глубокой квантовой яме, квантово-размерная добавка к ширине запрещенной зоны.</li> <li>11. Полупроводниковые гетероструктуры. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии и механизмы роста пленок. Устройство и принцип работы лазера на квантовых точках.</li> <li>12. Транспорт электронов в наноструктурах. Одноэлектроника. Спинтроника.</li> <li>13. Поверхностное натяжение. Уравнение Юнга-Дюпре. Гидрофобные и гидрофильные поверхности. Кривизна поверхности. Уравнение Лапласа.</li> <li>14. Кривизна поверхности. Капиллярная конденсация и эластокапиллярность. Уравнение Кельвина. Влияние кривизны на фазовые переходы.</li> <li>15. Эффект лотоса. Факторы влияющие на гидрофобность поверхности. Модель Венцеля. Модель Касси. Применение эффекта лотоса. Микро/наноимпринтинг гидрофобного полимера.</li> </ol>
-----	--------	--	---

<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Реферат	A-3-31;A-3-У1;A-3-B1;A-2-31;A-2-У1;A-2-B1;A-1-31;A-1-У1;A-1-B1	<p>1. Методы химической гомогенизации: пиролиз аэрозолей, сублимационная сушка (криохимическая технология), гидротермальный метод, сверхкритическая сушка (получение аэрогелей).</p> <p>2. Методы синтеза наноматериалов «снизу-вверх». Термодинамика самосборки и самоорганизации – термодинамические потенциалы.</p> <p>3. Методы синтеза наноматериалов «снизу-вверх». Молекулярно-лучевая эпитаксия (PVD). Химическое осаждение. Плёнки Ленгмюра-Блоджетт.</p> <p>4. Шаблонный синтез (темплат-синтез). Виды темплатов. Темплат-синтез цеолитов: мономеры и олигомеры SiO<sub>2</sub>; темплаты, используемые для синтеза цеолитов; механизм образования первичных, вторичных и т.д. агрегатов; принципиальная схема сборки цеолитов (на примере ZSM-5). Основные типы цеолитов.</p> <p>5. Шаблонный синтез (темплат-синтез). Виды темплатов. Жидкие кристаллы. Диаграмма состояния «вода-ПАВ-масло» и эволюция мицеллярной поверхности. Схема формирования мезопористых оксидов (на примере MCM-41).</p> <p>6. Подходы к получению 1D структур. ПЖК-метод.</p> <p>7. Химические источники тока: принцип действия Li-ионных батарей, анодные и катодные материалы.</p>
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
<p>Модуль 1.</p> <p>1. Основные понятия и определения в науке о наносистемах и в нанотехнологии. Примеры природных и искусственных нанообъектов и наносистем: особенности их физических и химических свойств. Методы нанотехнологий. Классификация наноматериалов по размерности (с примерами).</p> <p>2. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах: роль объема и поверхности – гравитационные и электростатические взаимодействия. Ван-дерВаальсовы взаимодействия. Эффект геккона.</p> <p>3. Особенности поглощения и преломления света в наноструктурированных средах. Качественное объяснение этих эффектов. Фотонные кристаллы. Принцип действия. Особенности магнитных свойств нанообъектов.</p> <p>4. Оптическое разрешение и дифракционный предел. Конфокальная микроскопия. STED-микроскопия.</p> <p>5. Нанодиагностика с помощью электронных и ионных пучков: диагностика и микроанализ. Просвечивающая электронная микроскопия и сканирующая электронная микроскопия: принцип работы, возможности и ограничения.</p> <p>6. Сканирующая зондовая микроскопия: принцип работы атомно-силового и туннельного микроскопа, возможности и ограничения. Сканирующая зондовая спектроскопия.</p> <p>7. Оптическая микроскопия ближнего поля: принцип работы, возможности и ограничения.</p> <p>8. Основные понятия квантовой механики: постулаты Бора, гипотеза де Бройля, принцип неопределенности Гейзенберга, природа волнового процесса и уравнение Шрёдингера.</p> <p>9. Металлы, полупроводники и диэлектрики – зонная теория. Квазичастицы. Уровень Ферми. Закон дисперсии прямозонного полупроводника.</p> <p>10. Типы идеальных твердотельных наноструктур. Квантово-размерный эффект: решение уравнения Шрёдингера для электрона в бесконечно глубокой квантовой яме, квантово-размерная добавка к ширине запрещенной зоны.</p> <p>11. Полупроводниковые гетероструктуры. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии и механизмы роста пленок. Устройство и принцип работы лазера на квантовых точках.</p> <p>12. Транспорт электронов в наноструктурах. Одноэлектроника. Спинтроника.</p> <p>13. Поверхностное натяжение. Уравнение Юнга-Дюпре. Гидрофобные и гидрофильные поверхности. Кривизна поверхности. Уравнение Лапласа.</p> <p>14. Кривизна поверхности. Капиллярная конденсация и эластокапиллярность. Уравнение Кельвина. Влияние кривизны на фазовые переходы.</p> <p>15. Эффект лотоса. Факторы влияющие на гидрофобность поверхности. Модель Венцеля. Модель Касси. Применение эффекта лотоса. Микро/наноимпринтинг гидрофобного полимера.</p> <p>Модуль 2</p> <p>1. Морфологическое многообразие нанодисперсных систем. Аморфные и</p>			

- кристаллические материалы. Мезофазы. Классификация нанопористых и нанодисперсных материалов: по геометрическому строению, классификация Радужкевича, по характеру текстуры.
2. Безмодельные характеристики нанопористых и нанодисперсных материалов.
  3. Удельная поверхность материалов, размер частиц и пор.
  4. Терминология, используемая при изучении дисперсных систем. Фазовые превращения в гомогенных средах. Классическая теория зародышеобразования. Кинетический контроль кристаллообразования.
  5. Равновесная форма и поверхностное натяжение твердых фаз.
  6. Гетерогенное зародышеобразование. Особенности роста кристаллических частиц. Механизмы роста пленок.
  7. Общие подходы к синтезу наноструктурированных материалов. Литографические методы – электронно-лучевая и ионно-лучевая литография, микросферная литография, нанолитография, мягкая литография, микропечать. Микро-электромеханические системы. Механохимия – помол и диспергирование.
  8. Золь-гель синтез. Стадии. Продукты.
  9. Методы химической гомогенизации: пиролиз аэрозолей, сублимационная сушка (криохимическая технология), гидротермальный метод, сверхкритическая сушка (получение аэрогелей).
  10. Методы синтеза наноматериалов «снизу-вверх». Термодинамика самосборки и самоорганизации – термодинамические потенциалы.
  11. Методы синтеза наноматериалов «снизу-вверх». Молекулярно-лучевая эпитаксия (PVD). Химическое осаждение. Плёнки Ленгмюра-Блоджетт.
  12. Шаблонный синтез (темплат-синтез). Виды темплатов. Темплат-синтез цеолитов: мономеры и олигомеры  $\text{SiO}_2$ ; темплаты, используемые для синтеза цеолитов; механизм образования первичных, вторичных и т.д. агрегатов; принципиальная схема сборки цеолитов (на примере ZSM-5). Основные типы цеолитов.
  13. Шаблонный синтез (темплат-синтез). Виды темплатов. Жидкие кристаллы. Диаграмма состояния «вода-ПАВ-масло» и эволюция мицеллярной поверхности. Схема формирования мезопористых оксидов (на примере MCM-41).
  14. Подходы к получению 1D структур. ПЖК-метод.
  15. Химические источники тока: принцип действия Li-ионных батарей, анодные и катодные материалы.
  16. Композитные матриалы: строение и классификация. Примеры.
  17. Наноккомпозиты: отличие от микрокомпозитов, дисперсность и форма частиц наполнителя.
  18. Наноккомпозиты с полимерной матрицей: типы матриц и наполнителя.
  19. Наноккомпозиты с полимерной матрицей: электрические и оптические свойства. Примеры.
  20. Способы приготовления полимерных наноккомпозитов наполненных углеродными нанотрубками – изотропных и анизотропных.

Вариант экзаменационного билета представлен в приложении к РПД.

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

Шкала оценивания знаний обучающихся по дисциплине:

Оценка «отлично» – обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» – обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» – обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно» – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

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

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Сергеев А. Г.	Нанометрология: монография	Электронная библиотека	Москва: Логос, 2011
Л1.2	Неволин В. К.	Квантовая физика и нанотехнологии	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2013
Л1.3	Соколов Д. Ю.	Патентование изобретений в области высоких и нанотехнологий: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2010
Л1.4	Толок Ю. И., Толок Т. В.	Защита интеллектуальной собственности и патентование: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013
Л1.5	Блееман А. И., Даншина В. В., Полонянкин Д. А.	Теоретические основы методов исследования наноматериалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017
Л1.6	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л1.7	Кузнецов Н. Т., Новоторцев В. М., Жабров В. А., Марголин В. И.	Основы нанотехнологии: учебник	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л1.8	Муравьева Ирина Валентиновна, Филиппов Михаил Николаевич, Филичкина Вера Александровна	Метрология, стандартизация и сертификация: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л1.9	Дзидзигури Элла Леонтьевна, Сидорова Елена Николаевна, Архипов Дмитрий Игоревич	Методология и практика определения размерных характеристик материалов (N 2965): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Сычев А. Н.	Защита интеллектуальной собственности и патентование: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Эль Контент, 2012
Л2.2	Буракова Е. А., Рухов А. В., Туголуков Е. Н., Пасько Т. В., Ткачев А. Г.	Методы научно-технического творчества в области нанотехнологий: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2017
Л2.3	Мозгова Г. В., Савенков А. П., Дивин А. Г., Пономарев С. В., Шишкина Г. В.	Метрология и технические измерения: учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л2.4	Дзидзигури Элла Леонтьевна, Сидорова Елена Николаевна	Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

#### 6.1.3. Методические разработки



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	Дзидзигури Элла Леонтьевна, Сидорова Елена Николаевна	Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии (N 3511): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

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

Э1	Росстандарт	<a href="https://www.rst.gov.ru/">https://www.rst.gov.ru/</a>
Э2	Роснано	<a href="https://www.rusnano.com/">https://www.rusnano.com/</a>
Э3	Патентная библиотека	<a href="https://www1.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tehnicheskaya-biblioteka/">https://www1.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tehnicheskaya-biblioteka/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit

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

## 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
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

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Курс нацелен на изучение вопросов терминологии, классификации, размерных эффектов, масштабирования, исследования, хранения, транспортировки наноматериалов.

Во время аудиторных занятий в учебном курсе используются активные и интерактивные технологии:

- проведение практических занятий с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);
- использование при проведении занятий активных форм обучения, учебных видеоматериалов.

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.