

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

С.Т. Князев  
2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля  
М 1.9

Модуль  
Ультрадисперсные и наноматериалы

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
<b>Образовательная программа</b> Материаловедение и технология конструкционных материалов	<b>Код ОП</b> 22.04.01/33.04
<b>Направление подготовки</b> Материаловедение и технологии материалов	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 22.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кардонина Наталья Игоревна	к.т.н., доцент	доцент	Кафедра Термообработки и физики металлов

Руководитель модуля



Н.И. Кардонина

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Протокол № 1-12 от 11.11.19 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ



Р. Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Ультрадисперсные и наноматериалы

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из одноименной дисциплины и включает два раздела. Первый раздел дисциплины посвящен проблемам достижения высокой прочности и стабилизации структуры поликристаллических материалов, полученных методами интенсивной пластической деформации и порошковой металлургии. Во втором разделе дисциплины рассмотрены основные примеры влияния размерного эффекта на физико-химические свойства наноматериалов. Отдельное внимание уделено методикам исследования наноматериалов. В конце курса студенты знакомятся с наиболее востребованными в технике неорганическими наноматериалами и технологиями их синтеза.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах и часах	Форма итоговой промежуточной аттестации по дисциплинам модуля и в целом по модулю
1.	Ультрадисперсные и наноматериалы	6 з.е./216час.	экзамен
ИТОГО по модулю:		<b>6 з.е./216час.</b>	

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	М. 1.1 Материаловедение и технологии материалов
Постреквизиты и корреквизиты модуля	М.1.10 Структура и свойства функциональных покрытий и технологии их нанесения М.1.11 Материаловедение композиционных материалов

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Ультрадисперсные и наноматериалы	УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на	В результате освоения дисциплины-модуля студент должен: <b>знать:</b> - современные проблемы теоретического и прикладного

	<p>основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p> <p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p> <p>ПК-1 - Способен создавать новые конструкционные материалы с заданным комплексом свойств для конкретных изделий с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p> <p>ПК-2 - Способен планировать, разрабатывать и осуществлять экспериментальные исследования конструкционных материалов, анализировать и обрабатывать их результаты, формулировать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям</p>	<p>материаловедения и технологии материалов применительно к различным областям техники и технологии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- взаимосвязь дисперсности и физическо-механических свойств тел; основные характеристики ультрадисперсных и наноматериалов; методы их получения и аттестации;</li> <li>- основные классы ультрадисперсных и наноматериалов и области их применения;</li> <li>- современные представления о нанобезопасности и сертификации в области наноматериалов.</li> </ul> <p><b><u>уметь:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать необходимость и возможность применения ультрадисперсных или наноматериалов в технике и жизни человека, а также технологических процессов их получения;</li> <li>- всесторонне анализировать результаты, полученные от внедрения разработанных инновационных технологий обработки материалов со спец. свойствами;</li> <li>- применять полученные знания для интерпретации наблюдаемых экспериментально явлений; экспериментально определять различные характеристики ультрадисперсных и наноматериалов;</li> <li>- заниматься поисково-аналитической деятельностью в области сертификации, метрологии и безопасности в области наноматериалов.</li> </ul> <p><b><u>владеть:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современными методами анализа и определения физических, химических и механических свойств ультрадисперсных и наноматериалов;</li> <li>- навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве ультрадисперсных и наноматериалов;</li> <li>- навыками инженерных и теоретических расчётов, связанных с проектированием новых материалов и технологических процессов их получения и обработки;</li> <li>- основами методов исследования, анализа и диагностики свойств нано- и ультрадисперсных материалов, физических и химических процессов их получения.</li> </ul>
--	--	--

## **1.5. Форма обучения**

Очная

## **2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН МОДУЛЯ**

*[для каждой дисциплины модуля разрабатывается отдельная программа].*

*[Для одной и той же дисциплины модуля разными авторами может быть разработано несколько программ, отличающихся результатами обучения и содержанием, а также разными уровнями сложности содержания]*

**ПРОГРАММА МОДУЛЯ**  
Ультрадисперсные и наноматериалы

**РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН**  
**МОДУЛЯ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Ультрадисперсные и наноматериалы

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Кардолина Наталья Игоревна	к.т.н., доцент	доцент	Кафедра Термообработки и физики металлов

**Рекомендовано учебно-методическим советом Института Новых Материалов и Технологий**

Протокол № \_1-12\_ от \_\_11.12.2019 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

## Ультрадисперсные и наноматериалы

### 1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология *(ориентирована на передачу знаний и умений, обеспечивающая усвоение обучающимися содержания обучения, проверку и оценку его качества на репродуктивном уровне);*

### 1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине 1

Таблица 1.2

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p> <p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p> <p>ПК-1 - Способен создавать новые конструкционные материалы с заданным комплексом свойств для конкретных изделий с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p> <p>ПК-2 - Способен планировать, разрабатывать и осуществлять экспериментальные исследования конструкционных материалов, анализировать и обрабатывать их результаты, формулировать</p>	<p>В результате освоения дисциплины-модуля студент должен:</p> <p><b><u>знать:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- современные проблемы теоретического и прикладного материаловедения и технологии материалов применительно к различным областям техники и технологии;</li><li>- взаимосвязь дисперсности и физическо- механических свойств тел; основные характеристики ультрадисперсных и наноматериалов; методы их получения и аттестации;</li><li>- основные классы ультрадисперсных и наноматериалов и области их применения;</li><li>- современные представления о нанобезопасности и сертификации в области наноматериалов.</li></ul> <p><b><u>уметь:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- оценивать необходимость и возможность применения ультрадисперсных или наноматериалов в технике и жизни человека, а также технологических процессов их получения;</li><li>- всесторонне анализировать результаты, полученные от внедрения разработанных инновационных технологий обработки материалов со спец. свойствами;</li><li>- применять полученные знания для интерпретации наблюдаемых экспериментально явлений; экспериментально определять различные характеристики ультрадисперсных и наноматериалов;</li><li>- заниматься поисково-аналитической деятельностью в области сертификации, метрологии и безопасности в области наноматериалов.</li></ul> <p><b><u>владеть:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- современными методами анализа и определения физических, химических и механических свойств ультрадисперсных и наноматериалов;</li><li>- навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве ультрадисперсных и наноматериалов;</li><li>- навыками инженерных и теоретических расчётов, связанных с проектированием новых материалов и технологических процессов их получения и обработки;</li><li>- основами методов исследования, анализа и диагностики</li></ul>

выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям	свойств нано- и ультрадисперсных материалов, физических и химических процессов их получения.
--	--

### 1.3. Содержание дисциплины

Таблица 1.3

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Ультрадисперсные материалы и методы их получения	
P1.T1	Влияние дисперсности структуры на физико-механические свойства материалов. Области применения ультрадисперсных материалов.	Влияние дисперсности на термодинамические свойства дисперсных систем. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса для дисперсных систем. Влияние изменения размера зерна в поликристаллических материалах на магнитные свойства, диффузию, механические свойства и другие функциональные свойства.
P1.T2	Объемные субмикроструктурные материалы, методы их получения и свойства.	Получение объемных субмикроструктурных материалов путем интенсивной пластической деформации, консолидацией ультратонких порошков и методом закалки. Особенности внутреннего строения ультрамелкого зерна. Термическая стабильность зерна. Прочность, пластичность, сверхпластичность и ползучесть субмикроструктурных материалов, особенности разрушения.
P1.T3	Ультрадисперсные порошки и методы их получения.	Получение ультратонких порошков методами электрического взрыва, плазмохимическим синтезом, механоактивацией и др. Примеры использования ультрадисперсных порошков.
P2	Наноматериалы и методы их получения	
P2.T1	Фундаментальные основы нанотехнологий.	Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанотехнологий. История возникновения нанотехнологий и наук о наносистемах. Объекты и методы нанотехнологий. Принципы и перспективы развития нанотехнологий. Размерные эффекты в наноматериалах. Роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов. Механика нанобъектов. Механические колебания и резонансы в наноразмерных системах. Сила трения. Кулоновское взаимодействие. Оптика нанобъектов. Соотношение длины волны света и размеров наночастиц. Различия в распространении света в однородных и наноструктурированных средах. Фазовые превращения в наноматериалах. Вещество, фаза, материал. Иерархическое строение материалов. Наноматериалы и их классификация. Неорганические и органические функциональные наноматериалы. Гибридные (органо- неорганические и



		неорганно-органические) материалы. Биоминерализация и биокерамика. Наноструктурированные 1D, 2D и 3D материалы. Мезопористые материалы. Молекулярные сита. Наноконпозиты и их синергетические свойства. Конструкционные наноматериалы.
<b>P2.T2</b>	Методы получения наночастиц и их применение.	Методы химической гомогенизации (соосаждение, золь-гель метод, криохимическая технология, пиролиз аэрозолей, сольвотермальная обработка, сверхкритическая сушка). Классификация наночастиц и нанобъектов. Приемы получения и стабилизации наночастиц. Агрегация и дезагрегация наночастиц. Синтез наноматериалов в одно и двумерных нанореакторах.
<b>P2.T3</b>	Углеродные наноматериалы	Основные понятия квантовой химии. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода. Алмаз и алканы. Графит, графен, арены, алкены, чаоит, карбин, алкины. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода. Структура нанотрубок. Одностенные нанотрубки. Многостенные нанотрубки нанотрубки. История открытия. Структурные свойства. Хиральность нанотрубок. Электронные свойства нанотрубок. Электронные свойства графитовой плоскости. Механические свойства углеродных нанотрубок. Упругие свойства углеродных нанотрубок. Электромеханические свойства углеродных нанотрубок. Нанотехнологические применения углеродных нанотрубок. Токсичность нанотрубок. Графен. Структура, упругие свойства, применение в электронике – «графеновая» электроника. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG) . Структура, электрические свойства, механические свойства, возможности применения в электронике. Наноалмаз, углеродные волокна. Структура, свойства, возможности применения. История открытия фуллеренов. Симметрия, космос, звезды и C60. Кластеры углерода. Установка и методики Ричарда Смолли. Открытия Бакминстера Фуллера. Теорема Эйлера о многогранниках. Понятие о фуллеренах. Теорема Эйлера и структура молекул фуллеренов и углеродных нанокластеров, фуллереноподобные структуры в живой природе. Углеродные кластеры фуллероидного типа. Синтез, модифицирование, практическое использование фуллеренов.
<b>P2.T4</b>	Экспериментальные методы исследований наноматериалов.	Методы исследования и диагностика нанобъектов и наносистем. Электронная растровая и просвечивающая микроскопия. Электронная томография. Электронная спектроскопия. Дифракционные методы исследования. Оптические и нелинейно-оптические методы диагностики. Особенности конфокальной микроскопии. Сканирующая зондовая микроскопия: Силовая микроскопия. Спектроскопия атомных силовых взаимодействий. Туннельная микроскопия и

		спектроскопия. Оптическая микроскопия и поляриметрия ближнего поля. Применение сканирующей зондовой микроскопии в нанотехнологиях.
<b>P2.T5</b>	Области применения наноматериалов.	Магнетизм нанобъектов. Квантовая механика наносистем. Квантоворазмерные эффекты в нанобъектах. Квазичастицы в твердом теле и в наноструктурированных материалах. Квантовые точки. Нитевидные кристаллы, волокна, нанотрубки, тонкие пленки и гетероструктуры. Квантовые эффекты в наноструктурах в магнитном поле. Электропроводимость нанобъектов. Понятие баллистической проводимости. Одноэлектронное туннелирование и кулоновская блокада. Оптические свойства квантовых точек. Спинтроника нанобъектов.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ультрадисперсные и наноматериалы

### Печатные издания

#### Основная литература

1. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие.— Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 .— 431 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 20779 - уч. фонд 5 экз.).
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии . Изд. 2-е, испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009 .— 416 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 20665 - уч. фонд 5 экз.)
3. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учеб. пособие.— Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 .— 365 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 20778 - уч. фонд 5 экз.)
4. Рыжонков Д.И. Наноматериалы : учеб. пособие. 2-е изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 .— 365 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 22693 - уч. фонд 4 экз.)
5. Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009 .— 456 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 21818 - уч. фонд 4 экз.)

#### Дополнительная литература

1. Родунер Э. Размерные эффекты в наноматериалах. М.: Техносфера, 2010. 352с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1164168).
2. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология: Учебное пособие для вузов. М.:ИКЦ "Академкнига", 2006, 325 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1139716, 19003 - уч. фонд 4 экз.).
3. А.Адамсон. Физическая химия поверхностей. М., Мир, 1979. 568 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 0852714, 3459 - уч. фонд 11 экз.).
4. А.В. Суворов, А.Б Никольский, «Общая Химия, СПб., Химия, 1994. (Зональная

научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 12007 - уч. фонд 15 экз.).

5. В.М.Смирнов. Химия наноструктур. Синтез, строение, свойства. СПб, СПбГУ, 1996.
6. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006, 309 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1141487, 1145088, 19566- уч. фонд 6 экз.).
7. Русанов А.И. Термодинамические основы механохимии. – СПб.: Наука, 2006.– 221с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1144463).
8. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000. - 672 с. (ЦНБ УрО РАН. Инвентарный номер: 189136).
9. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004, 208 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1130928, 18207 - уч. фонд 20 экз.)
10. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 288 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1125787, 1147662, 1152746, 1147661, 1152840).
11. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2005. –336 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1131457, 1136004; 18100, 17355 - уч. фонд 23 экз.).
12. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям : в 3 т. Т. 1 / Науч.-произв. комплекс "Технол. центр" Моск. гос. ин-та электрон. техники ; под ред. Б. Бхушана ; пер. с англ. под общ. ред. А. Н. Саурова .— Москва : Техносфера, 2010 .— 864 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1162508, 1163809 – науч. Фонд 2 экз.)
13. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям : в 3 т. Т. 2 / Науч.-произв. комплекс "Технол. центр" Моск. гос. ин-та электрон. техники ; под ред. Б. Бхушана ; пер. с англ. под общ. ред. А. Н. Саурова .— Москва : Техносфера, 2010 .— 1040 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1162509, 1163810 – науч. Фонд 2 экз.)
14. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям : в 3 т. Т. 3 / Науч.-произв. коплекс "Технол. центр" Моск. гос. ин-та электрон. техники ; под ред. Б. Бхушана; пер. с англ. под общ. ред. А. Н. Саурова .— Москва : Техносфера, 2010 .— 832 с. (Зональная научная библиотека Уральского Федерального Университета. Инвентарный номер: 1162506, 1163811 – науч. Фонд 2 экз.)

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ультрадисперсные и наноматериалы

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Три лекционных аудитории, оснащённых мультимедийным	

		оборудованием.	
2	Лабораторные занятия	Лабораторное оборудование: 1) РЭМ Philips SEM 535 и Jeol JSM-6490LV; 2) дифрактометр Bruker D8 Advance; 3) установка дифференциально-термического анализа LNF NETZSCH STA 449C Jupiter 4) микротвердомеры – 2 шт.; 5) электронные весы SHIMADZU с приставкой для измерения плотности SMK-401; 6) разрывная машина ИР 5057; 7) установка SPS спекания.	

