

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор Инженерной школы  
новых производственных  
технологий

А.Н. Яковлев

« 30 » 06. 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**ЗОНДОВЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ  
НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки/ специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии		
Специализация	<b>Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии</b>		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч		152	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной  
аттестации

**экзамен**

Обеспечивающее  
подразделение

Отделение  
материаловедения  
ИШНПТ

Заведующий кафедрой -  
руководитель ОМ на правах  
кафедры ИШНПТ  
Руководитель ООП

**В.А. Клименов**

Преподаватель

**О.Л. Хасанов**

**А.А. Панина**

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-3	Способен исследовать состав и структуру веществ, с учетом специфики наноразмерных материалов, используя современное оборудование и программное обеспечение приборов	И.ПК(У)-3.3	Применяет методики сканирующей зондовой микроскопии для исследования структуры и свойств наноструктурированных материалов	И.ПК(У)-3.3В1	Владеет опытом определения морфологии и структуры поверхности материалов
				И.ПК(У)-3.3У1	Умеет обрабатывать данные, полученные с помощью сканирующих зондовых микроскопов различного типа
				И.ПК(У)-3.3З1	Знает специфику разных методик оценки топографии наноструктурированных материалов
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях	И.ОПК(У)-5.7	Представляет аналитические обзоры в области диагностики структуры и свойств наноматериалов, удовлетворяющие требованиям новизны, объективности, доказательности	И.ОПК(У)-5.7В1	Опытом составления аналитического обзора, включающего описание научных достижений и критику по сканирующей зондовой микроскопии наноматериалов
				И.ОПК(У)-5.7У1	Умеет анализировать и обобщать научно-техническую информацию по сканирующей зондовой микроскопии наноматериалов
				И.ОПК(У)-5.7З1	Знает современные базы данных научных публикаций в России и за рубежом по сканирующей зондовой микроскопии наноматериалов

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Оценивает морфологию и структуру поверхности материалов	И.ПК(У)-3.3
РД 2	Обрабатывает данные, полученные с помощью сканирующих зондовых микроскопов различного типа	И.ПК(У)-3.3
РД 3	Применяет знания специфики разных методик оценки топографии наноструктурированных материалов	И.ПК(У)-3.3
РД 4	Составляет аналитические обзоры, включающие описание научных достижений и критику по сканирующей зондовой микроскопии наноматериалов	И.ОПК(У)-5.7
РД 5	Анализирует и обобщает научно-техническую информацию по сканирующей зондовой микроскопии наноматериалов	И.ОПК(У)-5.7
РД 6	Знает современные базы данных научных публикаций в России и за рубежом по сканирующей зондовой микроскопии наноматериалов	И.ОПК(У)-5.7

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
<b>Раздел 1. ОСНОВЫ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ</b>	РД1	Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
	РД2	Практические занятия	3
		Самостоятельная работа	12
	РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	8
	РД5	Практические занятия	1
		Самостоятельная работа	4
<b>Раздел 2. СКАНИРУЮЩАЯ ТУННЕЛЬНАЯ МИКРОСКОПИЯ</b>	РД1	Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
	РД2	Практические занятия	2,5
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	11
	РД3	Лекции	2
		Практические занятия	1,5
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	9
	РД4	Практические занятия	1
		Самостоятельная работа	4
	РД5	Практические занятия	0,5
		Самостоятельная работа	2
	РД6	Практические занятия	0,5
		Самостоятельная работа	2
<b>Раздел 3. АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ</b>	РД1	Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	5
	РД2	Практические занятия	2,5
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	12
	РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2,5
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	13
	РД4	Практические занятия	1
		Самостоятельная работа	4
	РД5	Практические занятия	0,5
		Самостоятельная работа	2
	РД6	Практические занятия	0,5
		Самостоятельная работа	2
<b>Модуль 4. ИНЫЕ ВИДЫ СЗМ</b>	РД1	Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	2
	РД2	Лабораторные занятия	2

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
		Самостоятельная работа	2
	РД3	Лекции	2
		Самостоятельная работа	2
	РД4	Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	16
	РД5	Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	8
	РД6	Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	8

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Основы сканирующей зондовой микроскопии**

*В СЗМ исследование микрорельефа поверхности и ее локальных свойств проводится с помощью специальным образом подготовленных зондов в виде игл. Рабочая часть таких зондов (острие) имеет размеры порядка десяти нанометров. Характерное расстояние между зондом и поверхностью образца в зондовых микроскопах по порядку величины составляет 0,1-10 нм. В основе работы СЗМ лежат различные способы взаимодействия зонда с поверхностью.*

#### **Темы лекций:**

Лекция 1. Основы сканирующей зондовой микроскопии

#### **Темы практических занятий:**

Практическое занятие 1. Применение зондовой микроскопии

Практическое занятие 2. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии

Практическое занятие 3. Влияние характеристик зондов на результаты сканирования

Практическое занятие 4. Калибровка сканеров

#### **Названия лабораторных работ:**

Лабораторная работа 1. Изготовление зондов и получение первого изображения на установке Nanoeducator

### **Раздел 2. Сканирующая туннельная микроскопия**

*Сканирующая туннельная микроскопия (STM) – это рабочий режим сканирующего зондового микроскопа SPM-XE. STM является предшественником всех сканирующих зондовых микроскопов. STM явился первым микроскопом, который позволил получать изображения поверхности с очень точным, атомарным разрешением. Работа сканирующей туннельной микроскопии и АСМ проводимости очень схожи за исключением то, что в STM используется заостренная проводящая игла вместо проводящего кантилевера, как в АСМ проводимости.*

#### **Темы лекций:**

Лекция 2. Сканирующая туннельная микроскопия

#### **Темы практических занятий:**

Практическое занятие 5. Разработка СЗМ в России и за рубежом

Практическое занятие 6. Использование методов СТМ для получения топографического изображения поверхностей

Практическое занятие 7. Применение фильтров для обработки СТМ-изображений

Практическое занятие 8. Количественный анализ изображений, полученных методом

СТМ

**Названия лабораторных работ:**

Лабораторная работа 2. Получение вольт-амперных характеристик для керамических образцов

**Раздел 3. Атомно-силовая микроскопия**

*Атомно-силовая микроскопия — один из видов сканирующей зондовой микроскопии, основанный на ван-дер-ваальсовских взаимодействиях зонда с поверхностью образца. Принцип действия атомного силового микроскопа (АСМ) основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества. На малых расстояниях между двумя атомами действуют силы отталкивания, а на больших — силы притяжения. Совершенно аналогичные силы действуют и между любыми сближающимися телами. В сканирующем атомном силовом микроскопе такими телами служат исследуемая поверхность и скользящее над ней острие.*

**Темы лекций:**

Лекция 3. Атомно-силовая микроскопия

**Темы практических занятий:**

Практическое занятие 9. Изготовление кантилеверов

Практическое занятие 10. Использование бесконтактных методов АСМ для получения топографического изображения поверхностей

Практическое занятие 11. Использование полуконтактных режимов АСМ для анализа распределения фаз по поверхности образцов

Практическое занятие 12. АСМ для анализа морфологии поверхности биологических объектов

**Названия лабораторных работ:**

Лабораторная работа 3. АСМ исследование влияния деформации на морфологию поверхности полимерных образцов

**Раздел 4. Иные виды СЗМ**

**Темы лекций:**

Лекция 4. Иные виды СЗМ

**Темы практических занятий:**

Практическое занятие 13. Магнитно-силовая микроскопия

Практическое занятие 14. Электронно-силовая микроскопия

Практическое занятие 15. Ближнепольная оптическая микроскопия

Практическое занятие 16. Конфокальная микроскопия

**Названия лабораторных работ:**

Лабораторная работа 4. Применение нанолитографии для модификации поверхности

**5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;

- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

1. Головин, Ю. И. Основы нанотехнологий / Ю. И. Головин. — Москва: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/5793>. — Загл. с экрана.
2. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I: учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 с. — ISBN 978-5-7782-2158-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45104.html>
3. Дедкова Е.Г., Чуприк А.А., Бобринецкий И.И., Неволин В.К. Приборы и методы зондовой микроскопии. учебное пособие. — М.: 2011. — 160 с. — Режим доступа: <http://nanotube.ru/sites/default/files/publications/16-11-2012/M04%20Учебное%20пособие.%20Приборы%20и%20методы%20зондовой%20микроскопии.pdf>. — Заглавие с экрана.

#### **Дополнительная литература**

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. - г. Нижний Новгород, 2004 г. - 110 с. — Режим доступа: [https://www.ntmdt-si.ru/data/media/files/brochures/osnovy\\_skaniruyushcej\\_zondovoj\\_mikroskopii.pdf](https://www.ntmdt-si.ru/data/media/files/brochures/osnovy_skaniruyushcej_zondovoj_mikroskopii.pdf). — Загл. с экрана.
2. Методы и приборы сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / А. В. Ищенко, А. С. Вохминцев, И. И. Огородников, И. А. Вайнштейн ; научный редактор Б. В. Шульгин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. — Екатеринбург: УрФУ, 2017. — 180 с. — Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/53999>. — Загл. с экрана.
3. Елманов, Г. Н. Исследование топологии поверхности методом сканирующей атомно-силовой микроскопии: лабораторный практикум: учебное пособие / Г. Н. Елманов, Б. А. Логинов, О. Н. Севрюков. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. — 64 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/75758>. — Заглавие с экрана.
4. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. Издание 2-е, исправленное. — Москва: Техносфера, 2014. — 176 с. ISBN 978-5-94836-382-0. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/73521>. — Загл. с экрана.

### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

1. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/>
2. База данных Scopus - <https://www.scopus.com>
3. База данных Sciencedirect - <https://www.sciencedirect.com/>
4. Интернет-сайт компании "НТ-МДТ": <https://www.ntmdt-si.ru/resources>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

7-Zip;  
Adobe Acrobat Reader DC;  
Adobe Flash Player;  
AkelPad;  
Cisco Webex Meetings;  
Document Foundation LibreOffice;  
Google Chrome;  
Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;  
Mozilla Firefox ESR;  
ownCloud Desktop Client;  
Tracker Software PDF-XChange Viewer;  
WinDjView; Zoom Zoom

#### **7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

<b>№</b>	<b>Наименование специальных помещений</b>	<b>Наименование оборудования</b>
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203	Комплект оборудования для проведения занятий по основным разделам дисциплины Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 210	Комплект оборудования для проведения занятий по основным разделам дисциплины Комплект учебной мебели на 22 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 039	Комплект оборудования для проведения лабораторных занятий по основным разделам дисциплины Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Mobilboy 311/50 - 1 шт.; Высокотемпер.печь CBK5163 - 1 шт.; Сканирующая зондовая нанолaborатория NT-MDT Ntegra Aura - 1 шт.; Высокотемпературный вакуумный дилатометр NETZSCH DIL 402 E/7/G-Py - 1 шт.;

		Высокотемпературная вакуумная печь Nabertherm LHT 02/18 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест Компьютер - 4 шт.; Принтер - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 202	Комплект оборудования для проведения лабораторных занятий по основным разделам дисциплины Учебно-научная лаборатория по нанотехнологии NanoEducator - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест Компьютер - 2 шт.; Принтер - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов / специализация «Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии» (приема 2019 г., очная форма обучения).

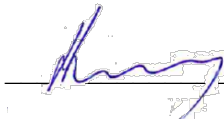
Разработчик(и):

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент		Панина А.А.

Программа одобрена на заседании Отделения материаловедения ИШНПТ (протокол №19/1 от 01.07.2019).

Руководитель выпускающего отделения,  
д.т.н, профессор

 /В.А. Клименов/



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

<b>Учебный год</b>	<b>Содержание /изменение</b>	<b>Обсуждено на заседании Отделения материаловедения (протокол)</b>
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	№ 36/1 от 01.09.2020 г.