

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«28» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Сканирующая зондовая микроскопия

Направление подготовки/ специальность	03.04.02 Физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Физика конденсированного состояния		
Специализация			
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		16
	ВСЕГО		32
Самостоятельная работа, ч		76	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

Экзамен

Обеспечивающее
подразделение

ОЭФ

Заведующий кафедрой –
руководитель отделения
на правах кафедры
Руководитель ООП

Преподаватель

Лидер А. М.

Лидер А. М.

Кузнецов П. В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п.5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК(У)-1.В2	Владеет способностью сделать выводы о качестве (объективности) представленной научной концепции
		УК(У)-1.У2	Умеет применять различные типы научной аргументации для доказательства или опровержения представленной информации
		УК(У)-1.32	Знает различные типы научной аргументации
ОПК(У)-6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	ОПК(У)-6.В1	Владеет опытом применения новейших достижений и учета современных проблем в научно-исследовательской работе
		ОПК(У)-6.У1	Умеет использовать новейшие достижения в исследовательской работе
		ОПК(У)-6.31	Знает современные проблемы и достижения физики в научно-исследовательской работе
ПК(У)-1	Способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	ПК(У)-1.В2	Владеет опытом исследований свойств на сканирующем зондовом микроскопе металлов и сплавов для успешной работы в перспективных областях научных исследований (нанотехнологий, наноматериалов и водородной энергетики)
		ПК(У)-1.У2	Умеет использовать творческий подход для исследования дефектов в твердых телах
		ПК(У)-1.32	Знает фундаментальные основы методов сканирующей зондовой микроскопии, анализа свойств водорода в металлах и сплавах

2. Место дисциплины 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		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Применять общие законы, теории для исследования свойств металлов и сплавов на сканирующем зондовом микроскопе	УК(У)-1 ОПК(У)-6
РД2	Применять методы обработки, фильтрации и анализа результатов, получаемых с помощью сканирующей зондовой микроскопии.	ПК(У)-1 УК(У)-1
РД3	Знать фундаментальные основы методов сканирующей зондовой микроскопии, анализа свойств водорода в металлах и сплавах.	УК(У)-1 ПК(У)-1

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.
Раздел 1. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии	РД 1, 2, 3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	19
Раздел 2. Основные методики и режимы работы СЗМ	РД 1, 2, 3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	19
Раздел 3. Детали устройства сканирующих зондовых микроскопов	РД 1, 2, 3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	18
Раздел 4. Методы обработки, фильтрации и анализа изображений СЗМ	РД 1, 2, 3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии

Раздел 1. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии

Раздел посвящен изложению основных принципов работы сканирующих туннельных микроскопов. Рассмотрен эффект туннелирования заряженных частиц через потенциальный барьер и количественные характеристики, используемые для его описания. Рассмотрены силы взаимодействия иглы атомно –силового микроскопа с поверхностью твердого тела и основные режимы работы атомно-силового микроскопа.

Темы лекций:

1. Эффект туннелирования заряженных частиц через потенциальный барьер как физический принцип работы сканирующего туннельного микроскопа. Устройство и режимы работы СТМ. Сканирующая туннельная спектроскопия.
2. Силы взаимодействия между иглой и поверхностью твердого тела в атомно-

силовом микроскопе. Режимы работы атомно –силовых микроскопов и возможности их применения для изучения поверхностных свойств твердых тел.

Темы практических занятий:

1. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Туннельный ток.
2. Постановка и решение задачи Герца о контакте двух тел.

Раздел 2. Основные методики и режимы работы СЗМ
--

Рассматриваются основные методики сканирующей зондовой микроскопии, которые определяются характером взаимодействия между поверхностью твердого тела и зондом сканирующего зондового микроскопа, их возможности для изучения различных свойств поверхности твердых тел,

Темы лекций:

1. Физические взаимодействия между зондом и поверхностью твердого тела и методики сканирующей зондовой микроскопии, их достоинства и ограничения.
2. Применения СЗМ для исследования физических свойств поверхности твердых тел и тонких пленок. Атомные манипуляции и использование СЗМ в нанометрологии.

Темы практических занятий:

1. Измеряемые величины в сканирующей туннельной микроскопии.
2. Измеряемые величины в атомно-силовой микроскопии.

Раздел 3. Детали устройства сканирующих зондовых микроскопов

В разделе рассматриваются основные свойства материалов, которые позволяют реализовать работу сканирующих зондовых микроскопов, а также материалы, используемые для изготовления игл сканирующих туннельных микроскопов и кантилеверов для АСМ. Рассмотрены артефакты и искажения которые возникают в процессе работы сканирующих зондовых микроскопов.

Темы лекций:

1. Требования к материалам для изготовления сканеров и конструкции сканеров. Нелинейности сканеров и методы их учета или устранения.
2. Материалы и технологии изготовления кантилеверов для АСМ. Артефакты, связанные с формой и размерами игл АСМ.

Темы практических занятий:

1. Методы анализа артефактов в СЗМ.
2. Методы восстановления истинных изображений.

Раздел 4. Методы обработки, фильтрации и анализа изображений СЗМ

В разделе рассмотрены современные методы обработки изображений, полученных с помощью сканирующей зондовой микроскопии. Обсуждаются условия эксплуатации СЗМ.

Темы лекций:

1. Методы обработки, фильтрации и анализа изображений СЗМ.
2. Условия эксплуатации СЗМ. Программное обеспечение. Примеры использования СЗМ для исследования поверхности твердых тел.

Темы практических занятий:

1. Обработка изображений полученных в атомно-силовом микроскопе.
2. Расчеты параметров шероховатости и фрактальной размерности.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины 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;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к практическим 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. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Часть 1/Филимонова Н.И., Кольцов Б.Б. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 134 с.: ISBN 978-5-7782-2158-1. – URL: <http://znanium.com/go.php?id=546601>. – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

2. Неволин, В. К.. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / Неволин В. К.. — 2-е изд., испр. — Москва: Техносфера, 2014. — 176 с. — URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73521. – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

3. Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность: учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-3986-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113943>. – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература:

1. Мельников, Александр Григорьевич. Материаловедение: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Г. Мельников, И. А. Хворова, Е. П. Чинков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд., испр. и доп.. — 1 компьютерный файл (pdf; 6.6 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Заглавие с титульного экрана. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m094.pdf> . – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

2. Заказнов Н. П. Теория оптических систем: учебное пособие для вузов / Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. И. Кузичев. — 4-е изд., стер.. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 447 с.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Сканирующая зондовая микроскопия (электронный курс)
<https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2381>
2. Scanning Probe Microscopy (электронный курс)
<https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1888>

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

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player; AkelPad;
4. Cisco Webex Meetings;
5. Far Manager;
6. Google Chrome;
7. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;
8. Mozilla Firefox ESR; Notepad++;
9. OEF OpenBoard;
10. ownCloud Desktop Client;
11. Tracker Software PDF-XChange Viewer;
12. WinDjView;
13. Zoom Zoom.

Профессиональные Базы данных:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>

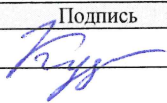
7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

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

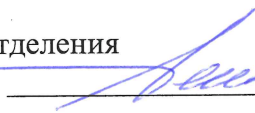
№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 122	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 127	Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест; Доска настенная - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.04.02 Физика/ Физика конденсированного состояния (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент		Кузнецов Павел Викторович

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ЭФ (протокол от «04»__июня__2020 г. №_2_).

Заведующий кафедрой – руководитель отделения
на правах кафедры, д.т.н, профессор  /Лидер А.М./