

907

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Механико-технологический факультет
Кафедра «Материалы, технологии и конструирование машин»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Ф. И. О. проф.

Н. В. Лобов

2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Сканирующая зондовая микроскопия»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление подготовки 22.03.01 - «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль подготовки бакалавра:

«Материаловедение и технологии наноматериалов
и наносистем»

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

«Материалы, технологии и конструирование
машин»

Форма обучения:

очная

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

- | | |
|--|-------|
| - кредитов по рабочему учебному плану (РУП): | 3 ЗЕ |
| - часов по рабочему учебному плану (РУП): | 108 ч |

Виды контроля:

Экзамен: - Зачёт: 7 сем. Курсовой проект: - Курсовая работа: -

Пермь, 2016

Рабочая программа дисциплины Сканирующая зондовая микроскопия
разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "12" ноября 2015 г. № 1331;

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», утверждённой 15.09.2014 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- базового учебного плана очной формы обучения образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата направленности (профиля) «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», утвержденного «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована:

- с рабочими программами дисциплин, участвующих в формировании компетенций и их составляющих, приобретение которых является целью данной дисциплины: метрология, стандартизация и сертификация; механические свойства материалов; физико-химия наночастиц и наноматериалов; методы моделирования наноматериалов и процессов нанотехнологии; экспериментальные методы исследования НЧ и НМ; учебная практика; производственная практика; преддипломная практика; химия твёрдого тела; основы золь-гель технологии; коррозия и защита металлов; рентгенография; основы вакуумной техники; исследовательский практикум.

Разработчик

канд. техн. наук, доц.



Каченюк М.Н.

Рецензент

канд. техн. наук, доц.



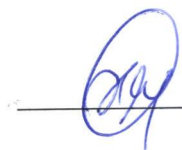
Кульметьева В.Б.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» «18» ноября 20 16 г., протокол № 4.

Заведующий кафедрой

«Материалы, технологии и конструирование машин»,

д-р техн. наук, проф.



А. М. Ханов

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией механико-технологического факультета «21» 11 20 16 г., протокол № 20.

Председатель учебно-методической комиссии
механико-технологического факультета

канд. пед. наук, доц.

СОГЛАСОВАНО



Е.А. Синкина

Заведующий выпускающей кафедрой

«Материалы, технологии и конструирование машин»,

д-р техн. наук, профессор



А. М. Ханов

Начальник управления образовательных программ, канд. техн. наук, доц.



Д. С. Репецкий

1 Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины «Сканирующая зондовая микроскопия» - получение знаний о принципах работы различных типов сканирующих зондовых микроскопов и их применению для исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердых тел с нанометровым пространственным разрешением.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет части следующих компетенций:

- способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации (ПК-4);
- готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации (ПК-5);
- готовность использовать технические средства измерения и контроля, необходимые при стандартизации и сертификации материалов и процессах их получения, испытательного и производственного оборудования (ПК-14).

1.2 Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ принципов работы, положенных в основу методов сканирующей зондовой микроскопии и методик использования зондовой микроскопии в нанотехнологиях;
- формирование умения самостоятельно обрабатывать результаты измерений, получаемых методами сканирующей зондовой микроскопии.
- формирование практических навыков использования сканирующей зондовой микроскопии для исследования наноматериалов с нанометровым пространственным разрешением;

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- физические основы сканирующей зондовой микроскопии;
- устройство, принцип работы и основные методики туннельной, атомно-силовой, магнитно-силовой и ближнепольной оптической микроскопии;
- основные области применения сканирующей зондовой микроскопии.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.ДВ.06.2 «Сканирующая зондовая микроскопия» входит в вариативную часть блока 1 «Дисциплины» и является дисциплиной по выбору студентов при освоении ОПОП по направлению «Материаловедение и технологии материалов».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты освоения:

знать:

- общие принципы работы и устройство сканирующих зондовых микроскопов;
- методы защиты зондовых микроскопов от внешних воздействий.
- основные методики сканирующей зондовой микроскопии для измерения свойств наноматериалов: механических, электрических, магнитных.
- основные методы сканирующей зондовой микроскопии: туннельная, атомно-силовая, магнитная силовая, ближнепольная оптическая.
- области применения СЗМ в различных направлениях науки и техники.

уметь:

- обоснованно выбирать и применять методики сканирующей зондовой микроскопии для изучения наноматериалов и нанообъектов в зависимости от задач исследований
- обоснованно выбирать и применять методики сканирующей зондовой микроскопии для измерения свойств наноматериалов и нанообъектов
- настраивать рабочие параметры и получать кадры рельефа и соответствующие ему карты физических характеристик образцов

владеть:

- навыками исследования поверхности наноматериалов методом сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии.
- навыками выполнения исследований магнитных и электрических свойств материалов с помощью СЗМ.
- навыками выполнения обработки и анализа результатов, полученных методами сканирующей зондовой микроскопии.

В табл.1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1 «Цели освоения дисциплины»:

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<i>Профессиональные компетенции</i>			
ПК-4	Способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	Коррозия и защита металлов; химия твёрдого тела; основы золь-гель технологии; учебная практика; методы моделирования наноматериалов и процессов нанотехнологии.	Исследовательский практикум.

ПК-5	Готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации	Рентгенография; экспериментальные методы исследования НЧ и НМ; механические свойства материалов.	Преддипломная практика.
ПК-14	Готовность использовать технические средства измерения и контроля, необходимые при стандартизации и сертификации материалов и процессах их получения, испытательного и производственного оборудования	Метрология, стандартизация и сертификация; производственная практика.	Основы вакуумной техники.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-4, ПК-5, ПК-14

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-4

Код	Формулировка компетенции
ПК-4	Способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-4 Б1.ДВ.06.2	владение навыками использования принципов и методик сканирующей зондовой микроскопии, методами моделирования поверхностей для исследования наноматериалов и нанообъектов.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает - общие принципы работы и устройство сканирующих зондовых микроскопов; - методы защиты зондовых микроскопов от внешних воздействий.	Лекции с использованием мультимедиа-технологий Опережающая самостоятельная работа	Вопросы для текущих и промежуточных контрольных работ; Вопросы к зачёту
Умеет обоснованно выбирать и применять методики сканирующей зондовой микроскопии для изучения наноматериалов и нанообъектов в зависимости от задач исследований	Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Практические задания для контрольных работ; Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР
Владеет навыками исследования поверхности наноматериалов методом сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии.	Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-5

Код	Формулировка компетенции
ПК-5	Готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-5 Б1.ДВ.06.2	Владение навыками использования сканирующей зондовой микроскопии для измерения свойств наноматериалов и нанообъектов.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает основные методики сканирующей зондовой микроскопии для измерения свойств наноматериалов: механических, электрических, магнитных.	Лекции с использованием мультимедиа-технологий Лабораторная работа Опережающая самостоятельная работа	Вопросы для текущих и промежуточных контрольных работ; Вопросы к зачёту
Умеет обоснованно выбирать и применять методики сканирующей зондовой микроскопии для измерения свойств наноматериалов и нанообъектов	Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Практические задания для контрольных работ; Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР
Владеет навыками выполнения исследований магнитных и электрических свойств материалов с помощью СЗМ.	Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР

2.3 Дисциплинарная карта компетенции ПК-14

Код	Формулировка компетенции
ПК-14	Готовность использовать технические средства измерения и контроля, необходимые при стандартизации и сертификации материалов и процессах их получения, испытательного и производственного оборудования

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-14 Б1.ДВ.06.2	владение основами методов сканирующей зондовой микроскопии для измерения и контроля при стандартизации и сертификации наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов и процессах их получения, испытательного и производственного оборудования.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает - основные методы сканирующей зондовой микроскопии: туннельная, атомно-силовая, магнитная силовая, ближнепольная оптическая. - области применения СЗМ в различных направлениях науки и техники.	Лекции с использованием мультимедиа-технологий Опережающая самостоятельная работа	Вопросы для текущих и промежуточных контрольных работ; Вопросы к зачёту
Умеет настраивать рабочие параметры и получать кадры рельефа и соответствующие ему карты физических характеристик образцов	Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Практические задания для контрольных работ; Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР
Владеет навыками выполнения обработки и анализа результатов, полученных методами сканирующей зондовой микроскопии.	Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 3 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 4	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная) работа	52	52
	- в том числе в интерактивной форме	10	10
	- лекции (Л)	16	16
	- в том числе в интерактивной форме	0	0
	- практические занятия (ПЗ)	0	0
	- в том числе в интерактивной форме	0	0
	- лабораторные работы (ЛР)	36	36
	- в том числе в интерактивной форме	10	10
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54
	- самостоятельное изучение теоретического материала	16	16
	- расчётно-графическая работа	-	-
	- курсовая работа	-	-
	- курсовой проект	-	-
	- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным)	14	14
	- реферат	-	-
	- подготовка отчётов по лабораторным работам (практическим занятиям)	16	16
	- индивидуальные занятия	8	8
	- другие виды самостоятельной работы	-	-
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: зачёт/экзамен	Зачет	Зачет
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	108	108
	в зачётных единицах (ЗЕ)	3	3

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- плины	Номер темы дисципл ины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудоём кость ч/ ЗЕ
			Аудиторная работа				КСР	Итогов ый контро ль	Самосто ятельна я работа (СРС)	
			Всего	Л	ПЗ (С)	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.		Введение	1	1						1
	1	1	6	2		4			7	13
		2	10	2		8			6	16
		3	5	1		4			5	10
		4	5	1		4			5	10
		5	9	1		8			6	15
		6	5	1		4			5	10
		7	1	1					6	7
		8	1	1					3	4
	Всего по модулю:		43	11		32	1		43	87/2,42
2.	2	9	6	2		4			5	11
		10	1,5	1,5					3	4
		11	1,5	1,5					3	4,5
		Заключен ие	0,5	0,5						0,5
	Всего по модулю:		9	5		4	1		11	21/0,58
Промежуточная аттестация								зачет		
Итого			52	16		36	2		54	108/3

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Л – 1 час.

Краткий обзор содержания курса. Введение и терминология. История развития сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Классификация методов СЗМ.

Модуль 1. Теоретические основы сканирующей зондовой микроскопии.

Раздел 1. Методы сканирующей зондовой микроскопии.

Лк – 10 часов, ЛР – 32 часа, СРС – 43 часов.

Тема 1. Техника сканирующей зондовой микроскопии.

Общие устройство и принципы работы СЗМ: зондовые датчики, сканирующие элементы, устройства для прецизионных перемещений зонда и

образца, типы взаимодействий, роль обратной связи. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий.

Тема 2. Сканирующая туннельная микроскопия.

Устройство и физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). Физические основы работы СТМ. Функция состояния системы, уравнение Шредингера. Туннельный эффект. Устройство и принципы работы туннельного сенсора. Латеральное разрешение СТМ. Эффект последнего атома. СТМ-моды: режимы постоянного тока и постоянной высоты. Методика изготовления и особенности применения различных СТМ зондов. Туннельный ток в системе металл-диэлектрик-металл (МДМ). "Наблюдаемые" физические величины в СТМ. Характеристика ток-расстояние. Измерение распределения работы выхода электронов. Вольтамперная характеристика туннельного контакта. СТС (Сканирующая туннельная спектроскопия) плотности состояний на поверхности образца.

Тема 3. Атомно-силовая микроскопия.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) Устройство и физические основы работы АСМ. Основные типы кантилеверов – зондовых датчиков, используемых в атомно-силовой микроскопии (АСМ). Технология изготовления кантилеверов. Потенциал взаимодействия зонда с образцом, зависимость силы взаимодействия от расстояния между зондом и образцом. Режимы работы АСМ: контактная АСМ, бесконтактная и полуконтактная АСМ. Особенности силового взаимодействия кантилеверов с поверхностью: упругие взаимодействия (задача Герца), капиллярные силы, сила Ван-дер-Ваальса, адгезионные силы, электростатическое и магнитное взаимодействие.

Тема 4. Контактная атомно-силовая микроскопия.

Устройство и принцип работы СЗМ в контактном режиме АСМ, оптический силовой сенсор. Режимы постоянной высоты и постоянной силы, назначение и принципы работы обратной связи. Предельное разрешение в контактном режиме. Недостатки контактной АСМ. Исследование механических свойств материалов с помощью контактной АСМ. Микроскопия сил трения: регистрация латеральной силы взаимодействия зонда и образца, вклады топографии и неоднородности коэффициента трения. Качественная интерпретация результатов микроскопии сил трения.

Тема 5. Бесконтактная и полуконтактная методики атомно-силовой микроскопии.

Теория колебаний кантилевера: свободные и вынужденные, линейные и нелинейные колебания кантилевера, моды колебаний. Зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний кантилевера от расстояния между зондом и образцом. Бесконтактный режим колебаний кантилевера. Полуконтактный режим колебаний кантилевера. Устройство и принцип работы СЗМ в бесконтактном и полуконтактном режимах АСМ. Методы введения обратной связи для контроля расстояния между зондом и образцом. Метод отображения фазы. Преимущества бесконтактной и полуконтактной АСМ. Стратегия выбора оптимальных параметров колебаний кантилевера и режима сканирования при

исследовании различного типа объектов. Примеры использования бесконтактной и полуконтактной АСМ для исследования наноматериалов.

Тема 6. Магнитная силовая микроскопия.

Исследование магнитных свойств материалов методом магнитной силовой микроскопии (МСМ): принцип работы СЗМ в режиме МСМ, требования к зондовым датчикам, особенности взаимодействия зонда с магнитным полем образца, проблема топографических артефактов и качество получаемых изображений. Возможные варианты реализации двухпроходных магнитных методик. Квазистатические методики МСМ. Колебательные методики МСМ. Примеры исследования магнитных наночастиц методом МСМ.

Тема 7. Электрические методики сканирующей зондовой микроскопии.

Исследование электрических свойств материалов с помощью СЗМ. Зондовые датчики для электрических методик измерения. Электромеханическое взаимодействие между кантилевером и образцом в контактном режиме. Сканирующая микроскопия сопротивления растекания. Контактная сканирующая емкостная микроскопия. Силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика. Сканирующая микроскопия нелинейной диэлектрической проницаемости. Факторы, определяющие пространственное разрешение, достижимое в контактных электрических методиках СЗМ.

Тема 8. Ближнепольная оптическая микроскопия.

Области ближнего и дальнего поля при прохождении света через субволновую диафрагму, преодоление оптического дифракционного предела, идея сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Устройство, принцип действия, типы используемых зондов и основные режимы работы сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Методика регистрации резонанса поперечных сил для контроля расстояния между зондом и поверхностью, реализация системы обратной связи и регистрации топографии поверхности. Безапертурная сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Эффект гигантского усиления сигнала комбинационного рассеяния вблизи острия проводящего зонда.

Модуль 2. Применение сканирующей зондовой микроскопии.

Раздел 2. Анализ результатов сканирующей зондовой микроскопии.

Лк – 4,5 часа, ЛР – 4 часа, СРС – 11 часов.

Тема 9. Формирование и обработка СЗМ изображений.

Основные типы данных, получаемых при СЗМ измерениях: спектроскопические кривые, изображения, многослойные изображения, параметрические изображения. Математическая обработка и визуализация данных СЗМ. Варианты визуализации СЗМ изображений: двумерное и трехмерное представление, проведение сечений. Методы коррекции изображений на примере обработки результатов измерения топографии поверхности. Выравнивание. Статистический анализ СЗМ данных. Параметры шероховатости. Цифровая фильтрация. Фурье-анализ. Фрактальный анализ.

Тема 10. Применение СЗМ.

Физика и химия поверхности. Исследование поверхностных атомных структур и электронных состояний. Физическое материаловедение. Физика и технология твердотельных наноструктур. Материаловедение металлов, полупроводниковых, диэлектрических, оптических, пьезоэлектрических, полимерных материалов. Микро- и наноэлектроника. Контроль интегральных схем, оптических и магнитных носителей информации. Молекулярная биология. Исследование вирусов, клеточных мембран, ДНК, белковых и др. органических молекул.

Тема 11. Сканирующая зондовая литография

Физические основы зондовой литографии в различных режимах СЗМ: СТМ литография, АСМ силовая литография, анодно-окислительная литография, локальное переключение поляризации в сегнетоэлектриках, литография с помощью зонда сканирующего ближнепольного оптического микроскопа, наноманипуляции отдельными атомами и молекулами. Векторная и растровая зондовая литографии.

Заключение Лк - 0,5 час.

Перспективы развития СЗМ.

4.3 Перечень тем практических занятий

Не предусмотрено.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Продолжительность, ч
1	1	Изучение устройства и принципа работы многофункционального сканирующего зондового микроскопа «Фемтоскан».	4
2	2	Исследование поверхности наноматериалов методом сканирующей туннельной микроскопии.	8
3	3, 4	Исследование топографии поверхности твердых тел методом сканирующей атомно-силовой микроскопии в контактном режиме на приборе «Фемтоскан».	8
4	5	Исследование топографии поверхности твердых тел методом сканирующей атомно-силовой микроскопии в полуконтактном режиме на приборе «Фемтоскан».	8
5	6, 7	Исследование магнитных и электрических свойств материалов с помощью СЗМ.	4
6	9	Обработка и анализ результатов, полученных методами сканирующей зондовой микроскопии с помощью программы Фемтоскан Онлайн	4

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Тематика для самостоятельного изучения дисциплины:

Тема 1. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий.

Тема 2. Сканирующая туннельная спектроскопия.

Тема 3. Технология изготовления кантилеверов.

Тема 4. Исследование механических свойств материалов с помощью контактной АСМ.

Тема 5. Примеры использования бесконтактной и полуконтактной АСМ для исследования наноматериалов.

Тема 6. Квазистатические методики МСМ. Колебательные методики МСМ. Примеры исследования магнитных наночастиц методом МСМ.

Тема 7. Зондовые датчики для электрических методик измерения.

Тема 8. Безапертурная сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.

Тема 10. Молекулярная биология. Исследование вирусов, клеточных мембран, ДНК, белковых и др. органических молекул.

Тема 11. Литография с помощью зонда сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Векторная и растровая зондовая литографии.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов (СРС)	Трудоемкость, часов
1	2	3
1	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе №1	4 3
2	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе №2	3 3
3	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе №3	3 2

4	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе №3	3 2
5	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе №4	3 3
6	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе №5	3 2
7	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе №5	4 2
8	Изучение теоретического материала	3
9	Подготовка к лабораторной работе №6	4
10	Изучение теоретического материала	3
11	Изучение теоретического материала	4
	Итого: в АЧ/ в ЗЕТ	54/1,5

5.2 Индивидуальные задания

5.2.1 Перечень тем рефератов

Не предусмотрены.

5.2.2 Перечень тем расчётно-графических работ

Не предусмотрены.

5.2.3 Перечень тем курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

5.3 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом. При проведении лекционных занятий используются мультимедийные технологии.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при которой учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия. Совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ приучает их работать в команде.

При подготовке к лабораторным занятиям используется опережающая самостоятельная работа, т.е. изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий (лекции).

6 Управление и контроль освоения компетенций

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты отчетов по практическим и лабораторным занятиям. Всего предусмотрено 9 отчетов по практическим занятиям и 5 отчётов по лабораторным работам внутри каждого учебного модуля (модуль 1 – 8 работ, модуль 2 – 6 работ).

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольная работа (модуль 1, 2).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1

1. Сканирующая туннельная микроскопия
2. Атомно-силовая микроскопия
3. Магнитная силовая микроскопия
4. Ближнепольная оптическая микроскопия

Модуль 2

5. Формирование и обработка СЗМ изображений
6. Применение СЗМ
7. Сканирующая зондовая литография

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт.

Условия проставления зачёта по дисциплине:

– итоговый контроль уровня освоения компетенции производится в виде зачёта;

– зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведения рубежного контроля, по выполнении всех заданий по видам СРС и лабораторных работ.

Фонд оценочных средств, включающий типовые индивидуальные задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входит в состав УМКД на правах отдельного документа.

2) Экзамен.

Не предусмотрен.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ПЗ	ЛР	РК	Дифф. зачёт
	Усвоенные знания			
3.1 общие принципы работы и устройство сканирующих зондовых микроскопов;		ЛР1	РКР 1	ТВ
3.2 методы защиты зондовых микроскопов от внешних воздействий;		ЛР 2, 3	РКР 1	
3.3 основные методики сканирующей зондовой микроскопии для измерения свойств наноматериалов: механических, электрических, магнитных;		ЛР1	РКР 2	
3.4 основные методы сканирующей зондовой микроскопии: туннельная, атомно-силовая, магнитная силовая, ближнепольная оптическая;		ЛР 5	РКР 3	
3.5 области применения СЗМ в различных направлениях науки и техники.				
	Освоенные умения			
У.1 обоснованно выбирать и применять методики сканирующей зондовой микроскопии для изучения наноматериалов и нанобъектов в зависимости от задач исследований;		ЛР1-5		ПЗ
У.2 обоснованно выбирать и применять методики сканирующей зондовой микроскопии для измерения свойств наноматериалов и нанобъектов;		ЛР5		
У.3 настраивать рабочие параметры и получать кадры рельефа и соответствующие ему карты физических характеристик образцов;		ЛР1-5		
	Приобретенные владения			
В.1 навыками исследования поверхности наноматериалов методом сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии;		ЛР1-4		ПЗ
В.2 навыками выполнения исследований магнитных и		ЛР5		

электрических свойств материалов с помощью СЗМ;				
В.3 навыками выполнения обработка и анализа результатов, полученных методами сканирующей зондовой микроскопии.		ЛР6		

ОПЗ – отчет по практическому занятию;

ЛР – отчёт по лабораторной работе

РКР – рубежная контрольная работа;

ИКЗ – индивидуальное комплексное задание

ТВ – теоретический вопрос; ПЗ –практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине входит в состав РПД в виде приложения.

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Виды работ	Распределение часов по учебным неделям																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Разделы	P1					P2					P1					P2			
<i>Лекции</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	1										16
<i>Практические занятия</i>																			
<i>Семинары</i>																			
<i>Лабораторные работы</i>		4		4		4		4		4		4		4		4		4	36
<i>КСР</i>						1			1				0,5				0,5		2
<i>Изучение теоретического материала</i>		3	3	3	3	3	3	3	3										24
<i>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным)</i>		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2		2	30
Модули	M1					M2					M1					M2			
Контр. тестирование					X													X	
Дисциплин. контроль																			Зачет

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.06.2 Сканирующая зондовая микроскопия (полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (Модули) (цикл дисциплины) ☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☐ обязательная ☒ по выбору студента
22.03.01 код направления / специальности	Материаловедение и технологии материалов/ Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем полное название направления/ специальности
МТМ/МТН аббревиатура направления/ специальности	Уровень подготовки ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2014 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>25</u>

Каченюк Максим БНиколаевич, доцент,
механико-технологический факультет,
кафедра МТиКМ, телефон: 239-11-27, e-mail:

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Зондовые нанотехнологии в электронике : учебное пособие для вузов / В. К. Неволин . — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Техносфера, 2006 . — 159 с.	2+1 на кафедре
2	Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике.- М.: Техносфера, 2006 .- 159 с.	6+3
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1.	Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие для вузов.- М.: Техносфера, 2004 .- 143 с.	4

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку дана

2.	Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие / Под ред. Л.Н. Патрикеева.- М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008, 2013 .- 431 с.	8+2
3.	Кудрявцев Е.Н. Механохимический синтез и электрохимические характеристики наноструктурированного LiFePO ₄ специальность 05.17.03 <Технология электрохимических процессов и защита от коррозии> / С-П. 2012, 20 с. http://нэб.рф/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010188857/	ЭБС Нац. электрон. библиотека
4.	Моделирование процессов экзоэлектронной эмиссии при нанозондировании металлических поверхностей специальность 05.13.18 <Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ> / С-Пб. 2012, 18 с. http://нэб.рф/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010409501/	ЭБС Нац. электрон. библиотека
2.2 Периодические издания		
1.	Наноиндустрия : научно-технический журнал / Техносфера .— Москва : Техносфера	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не используются	
2.4 Официальные издания		
	Не используются	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Национальна Электронная Библиотека [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн. по всем отраслям знания] / М-во культуры Рос. Федерации. – [Москва, 2016]. – Режим доступа: http://нэб.рф , компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на 10.10.2015 г

основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав.отделом комплектования
научной библиотеки

 Тюрикова Н.В.

Текущие данные об обеспеченности на

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

_____ Н.В. Тюрикова

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.06.2 Сканирующая зондовая микроскопия (полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (Модули) (цикл дисциплины) ☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☐ обязательная ☒ по выбору студента
22.03.01 код направления / специальности	Материаловедение и технологии материалов/ Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем полное название направления / специальности
МТМ/МТН аббревиатура направления / специальности	Уровень подготовки ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2014 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>25</u>

Каченюк Максим Б. Николаевич, доцент,
 механико-технологический факультет,
 кафедра МТиКМ, телефон: 239-11-27, e-mail:

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Зондовые нанотехнологии в электронике : учебное пособие для вузов / В. К. Неволин . — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Техносфера, 2006 . — 159 с.	2+1 на кафедре
2	Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике.- М.: Техносфера, 2006 .- 159 с.	6+3
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1.	Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие для вузов.- М.: Техносфера, 2004 .- 143 с.	4

2.	Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие / Под ред. Л.Н. Патрикеева.- М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008, 2013 .- 431 с.	8+2
3.	Кудрявцев Е.Н. Механохимический синтез и электрохимические характеристики наноструктурированного LiFePO ₄ специальность 05.17.03 <Технология электрохимических процессов и защита от коррозии> / С-П. 2012, 20 с. http://нэб.рф/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010188857/	ЭБС Нац. электрон. библиотека
4.	Моделирование процессов экзоэлектронной эмиссии при нанозондировании металлических поверхностей специальность 05.13.18 <Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ> / С-Пб. 2012, 18 с. http://нэб.рф/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010409501/	ЭБС Нац. электрон. библиотека
2.2 Периодические издания		
1.	Наноиндустрия : научно-технический журнал / Техносфера .— Москва : Техносфера	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не используются	
2.4 Официальные издания		
	Не используются	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Национальна Электронная Библиотека [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн. по всем отраслям знания] / М-во культуры Рос. Федерации. – [Москва, 2016]. – Режим доступа: http://нэб.рф , компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на 10.10.2015 г

основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав.отделом комплектования
научной библиотеки



Тюрикова Н.В.

Текущие данные об обеспеченности на

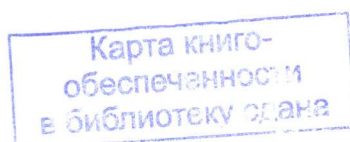
Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

обеспеченности на 10.10.2015 г

Н.В. Тюрикова



8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1				
2				

8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-видео пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь (м ²)	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитория с мультимедийным обеспечением	Кафедра МТиКМ	21 корпуса МТиКМ	40	30
2	Компьютерный класс (учебный лабораторный комплекс «Фемтоскан»)	Кафедра МТиКМ	23 корпуса МТиКМ	40	20

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитор ии
1	2	3	4	5
1.	Мультимедиапроектор, ноутбук, акустическая система	1	оперативное управление	21
2.	Компьютеры	10	оперативное управление	23
3.	СЗМ «Femtосcan»	1	оперативное управление	23
4.				
5.				

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания ка- федры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1.		
2.		
3.		
4.		