Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.Э.2.1 Методы зондовой микроскопии»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика
(код и наименование направления подготовки)

Физика наноматериалов
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.Э.2.1 Методы зондовой микроскопии*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
наименование кафедры

протокол № 7 от "21"февраля 2025г.

Заведующий кафедрой
Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния В.Л. Бердинский
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
доцент кафедры БФФКС А.Н. Никиян
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.03 Радиофизика Т.М. Чмерева
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
С.А. Биктимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
А.Д. Стрекаловская
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Никиян А.Н., 2025
© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:
формирование представлений по теоретическим основам современных методов микроскопии и перспективах их использования в различных областях науки и техники.

Задачи:
- сформировать знания по основам устройства и принципов работы современных сканирующих зондовых микроскопов;
- дать представления о результатах новейших научных исследований, выполненных на основе использования современных методов микроскопии;
- привить навыки работы со сканирующим туннельным и атомно-силовым микроскопами, а также научить методам подготовки различных объектов для исследования методом зондовой микроскопии.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2-В-2 Формулирует цели и задачи проекта, структурирует этапы процесса организации проектной деятельности	**Знать:** основные принципы постановки целей и задач в рамках проектной деятельности; методы структурирования этапов проектной деятельности; подходы к оценке ресурсов и выбору оптимальных способов решения задач. **Уметь:** формулировать цели и задачи проекта в соответствии с поставленной целью; структурировать этапы проектной деятельности, учитывая временные, ресурсные и правовые ограничения; выбирать оптимальные способы решения задач на основе анализа доступных ресурсов

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		и ограничений. **Владеть:** навыками постановки целей и задач проекта; методами структурирования и планирования проектной деятельности; навыками анализа ресурсов и ограничений для выбора оптимальных решений; технологиями управления проектами с учетом правовых норм и доступных ресурсов.
ПК*-1 Способен применять на практике профессиональные знания и умения в сфере производства, внедрения и эксплуатации электронных приборов и систем различного назначения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК*-1-В-1 Знает фундаментальные основы специализированных знаний в области радиоэлектроники, телекоммуникационных систем и антенных комплексов ПК*-1-В-2 Владеет специализированными знаниями в области физики и смежных естественнонаучных дисциплин ПК*-1-В-3 Умеет решать профессиональные задачи с применением специализированных физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования	**Знать:** принципы физики и математики, необходимые для работы с электронными приборами; методы научного анализа и моделирования на практике. **Уметь:** применять знания для проектирования и внедрения электронных устройств; использовать физико-математические методы для решения профессиональных задач; проводить моделирование и анализ электронных систем. **Владеть:** навыками проектирования и эксплуатации электронных приборов; методами анализа данных и моделирования; технологиями разработки электронных систем с использованием современных инструментов.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	4 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**34,25**	**34,25**
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	4 семестр	всего
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**109,75**	**109,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**диф. зач.**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие сведения о зондовых микроскопах	16	2	2		12
2	Устройство, принципы работы и характеристики СЗМ сканеров	18	2	2		14
3	Методы визуализации и обработки СЗМ изображений	16	2	2		12
4	Артефакты и их устранение	16	2	2		12
5	Устройство и физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)	16	2	2		12
6	Сканирующая туннельная спектроскопия	16	2	2		12
7	Атомно-силовая микроскопия (АСМ)	16	2	2		12
8	АСМ спектроскопия	16	2	2		12
9	Сканирующий микроскоп ближнего поля	16	2	-		12
	Итого:	144	18	16		110
	Всего:	144	18	16		110

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Общие сведения о зондовых микроскопах

Методы микроскопического исследования поверхности биообъектов. Сравнение оптической, электронной и зондовой микроскопии. История развития зондовой микроскопии. Принцип работы сканирующего зондового микроскопа. Основные узлы зондового микроскопа. Туннельный и силовой сенсор. Виды зондов.

2. Устройство, принципы работы и характеристики СЗМ сканеров

Пьезоэлектрические двигатели. Характеристики пьезоэлектрических материалов, применяемых в СЗМ сканерах. Виды СЗМ сканеров. Сравнительная характеристика различных конструкций СЗМ сканеров.

3 . Методы визуализации и обработки СЗМ изображений

Методы визуализации СЗМ изображений. Цветовая шкала высот. Построение трехмерных изображений. Использование эффекта боковой подсветки. Методы выравнивания СЗМ изображений. Статистический анализ СЗМ данных. Построение и обработка гистограмм распределения высот.

4. Артефакты и их устранение

Виды артефактов при СЗМ сканировании и причины их возникновения. Методы устранения артефактов. Цифровая фильтрация СЗМ изображений. Полосовые фильтры. Конволюционные фильтры.

5. Устройство и физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)

Туннельный эффект. Туннельный сенсор. Устройство и принципы работы туннельного сенсора. Режимы сканирования. Режимы постоянного тока и постоянной высоты.

6. Сканирующая туннельная спектроскопия

Вольтамперная характеристика туннельного контакта. Режимы модуляции напряжения (V-модуляция) и высоты (Z-модуляция).

7 . Атомно-силовая микроскопия (АСМ)

Физические принципы работы атомно-силового сенсора. Устройство АСМ зонда. Способы регистрации отклонения кантилевера. Формы кантилеверов, особенности и методы их изготовления. АСМ моды сканирования: контактная мода (режимы постоянной силы и постоянного отклонения, режим латеральной силы. Z- модуляция); неконтактная мода (амплитудно-частотная и фазовая характеристики кантилевера.

8. АСМ спектроскопия

Исследование силы взаимодействия зонд-поверхность. Кривая «отвода-подвода». Расчет упругости биообъектов. Модель Герца. Методы калибровки жесткости кантилевера.

9. Сканирующий микроскоп ближнего поля

Устройство, принцип работы и применение сканирующего ближнепольного оптического микроскопа (СБОМ).

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	История создания СЗМ. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов и сканирующие элементы. Место СЗМ в микроскопических методах анализа поверхностей.	2
2	2	Устройство, принципы работы и характеристики СЗМ сканеров.	2
3	3	Принципы построения изображений в СЗМ. Методы фильтрации полученных изображений.	2
4	4	Устранение артефактов, возникающих при сканировании биологических образцов.	2
5	5	Устройство и физические основы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). СТМ в различных средах и подготовка образцов для сканирования.	2
6	6	Туннельный эффект. Устройство и принципы работы туннельного сенсора. СТМ-моды: вольтамперная характеристика туннельного контакта. Режимы модуляции напряжения (V-модуляция) и высоты (Z-модуляция).	2
7	7	Атомно-силовая микроскопия (АСМ) Устройство и физические основы работы АСМ. Методы изготовления и особенности применения различных видов АСМ-зондов. Подготовка образцов и применение АСМ в технологических исследованиях, химии, биологии.	2
8	8	АСМ спектроскопия.	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Вежеева О. А. Основы электронномикроскопических методов биологического исследования [Текст] : учебно-методическое пособие / О. А. Вежеева, В. Г. Сергеев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Удмурт. гос. ун-т", Ин-т естест. наук, Каф. анатомии и физиологии человека и животных. - Ижевск : Удмуртский университет, 2015. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 105-109. - ISBN 978-5-4312-0379-4.

5.2 Дополнительная литература

1. Никиян А. Н. Методы сканирующей зондовой микроскопии в биофизике [Электронный ресурс]: метод. указания / Никиян А. Н. - ОГУ, 2012. Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/3023_20120207.pdf

5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.
2. Успехи физических наук : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
3. Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2017, 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

1. Андреева Н. В., Габдуллин П. Г. Физика и диагностика биомолекулярных систем. Исследования методами зондовой микроскопии: учеб. пособие / Н.В. Андреева, П.Г.Габдуллин. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 179 с. Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/2/3116.pdf/download/3116.pdf
2. Дедкова Е.Г., Чуприк А.А., Бобринецкий И.И., Неволин В.К. Приборы и методы зондовой микроскопии: учеб. пособие / Дедкова Е.Г. и др. – М.: Можайский полиграфический комбинат, 2011. – 160 с. Режим доступа: http://www.nanotube.ru/sites/default/files/publications/16-11-2012/M04_Учебное пособие. Приборы и методы зондовой микроскопии.pdf
3. Электронная библиотека Российской государственной библиотеки (РГБ) – Режим доступа : http://elibrary.rsl.ru/.
4. Электронная библиотека IQlib (образовательные издания, электронные учебники, справочные и учебные пособия) – Режим доступа : http://www.iqlib.ru/.
5. Электронная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (методическая и учебная литература, создаваемая в электронном виде авторами СПбГТУ по профилю образовательной и научной деятельности университета) – Режим доступа : http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/resources/elib/.
6. Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова – Режим доступа : http://nbmgu.ru/.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Компьютерный парк университета обеспечен офисными пакетами, включающими в себя текстовые редакторы, табличные процессоры и программы для подготовки презентаций:

Пакет офисных приложений LibreOffice (https://ru.libreoffice.org/)

При реализации образовательных программ СПО: «МойОфис Образование» – набор приложений для работы с текстом, таблицами и презентациями в образовательных организациях (режим доступа https://myoffice.ru/products/education/).(Основание: Лицензионное соглашение с конечным пользователем МойОфис Образование (https://myoffice.ru/eula_edu/).

Для работы с ресурсами Интернет используется веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/.

Диагностическая работа (определение уровня достижения обучающимися результатов обучения после завершения освоения ими отдельных элементов учебного плана) проводится в форме процедур контрольного компьютерного тестирования. Для этой цели в качестве основного инструмента используется автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования (АИССТ) (регистрационный номер в РОСПАТЕНТ №2011610456). Режим досупа: https://osu.aistt.ru/

Для проведения онлайн мероприятий и видеоконференций используется платформа «DION» (Конфигурация «DION EDU») На основании договора № 13/223-4.2.1.35/40-03 от 14.02.2025 г. Срок действия лицензий с 14.02.2025 г по 14.02.2026.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.