

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Б1.Д.Б.6 Зондовые микроскопические методы исследования в биофизике»*

Уровень высшего образования

**МАГИСТРАТУРА**

Направление подготовки

*03.04.02 Физика*

(код и наименование направления подготовки)

*Биохимическая и медицинская физика*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

*Магистр*

Форма обучения

*Очная*

Год набора 2023

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.6 Зондовые микроскопические методы исследования в биофизике» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния  
наименование кафедры

протокол № 6 от "7" 02 2023г.

Заведующий кафедрой  
Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния  
наименование кафедры подпись расшифровка подписи

Исполнители:  
Резник Нес А.Н. Флексеян  
должность подпись расшифровка подписи  
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:  
Председатель методической комиссии по направлению подготовки  
03.04.02 Физика  
код направления личная подпись расшифровка подписи

Научный руководитель магистерской программы С.Н. Летута  
личная подпись расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов  
личная подпись расшифровка подписи

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

№ регистрации \_\_\_\_\_

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

формирование представлений по теоретическим основам современных методов микроскопии и перспективах их использования для изучения живых микросистем.

**Задачи:**

- сформировать знания по основам устройства и принципов работы современных сканирующих зондовых микроскопов;
- дать представления о результатах новейших исследований в биологии, выполненных на основе использования современных методов микроскопии;
- привить навыки работы с инструментами и биологическим материалом, а также научить методам подготовки различных биологических объектов.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.8 Медицинская микробиология и вирусология*

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
ОПК-3 Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки	ОПК-3-В-1 Умеет использовать компьютерные технологии для решения профессиональных задач	<b><u>Знать:</u></b> - основы современных методов компьютерного моделирования процессов; - современные проблемы развития материаловедения; - основы моделирования систем и процессов; - основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов; - методы статистической обработки данных моделирования; - численные методы оптимизации и методы параллельных расчетов; - основы работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. <b><u>Уметь:</u></b> - применять современные методы компьютерного моделирования физических процессов; - моделировать системы и процессы в материаловедении; - применять вычислительные методы для определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов; - проводить статистическую обработку данных моделирования; - оптимизировать расчеты с

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		использованием параллельных расчетов; - работать на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. <b>Владеть:</b> - современными методами компьютерного моделирования физических процессов; - вычислительными методами для определения свойств материалов;
ОПК-4 Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности	ОПК-4-В-1 Знает основные принципы эффективного поиска научной информации с помощью информационных и образовательных технологий	<b>Знать:</b> - теоретические основы физики взаимодействия локальных зондов с поверхностью исследуемых материалов, а также физические принципы работы, устройство и особенности конструкции зондовых микроскопов и зондов.

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>34,25</b>	<b>34,25</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа:</b> - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>145,75</b>	<b>145,75</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>зачет</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие сведения о зондовых микроскопах	16	2	1		19
2	Устройство и физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)	16	2	2		20
3	Сканирующая туннельная спектроскопия	16	1	2		19
4	Особенности использования СТМ в	16	1	1		18

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	биофизических исследованиях					
5	Атомно-силовая микроскопия (АСМ)	16	2	1		19
6	АСМ спектроскопия	16	1	1		18
7	Особенности использования АСМ в биофизических исследованиях	16	1	2		19
8	Сканирующий микроскоп ближнего поля	16	2	1		19
9	Устройство, принципы работы и характеристики СЗМ сканеров	16	2	1		19
10	Методы визуализации и обработки СЗМ изображений	16	2	2		18
11	Артефакты и их устранение	20	2	1		23
	Итого:	180	18	16		146
	Всего:	180	18	16		146

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание
1	<b>Общие сведения о зондовых микроскопах</b>	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	<b>Устройство и физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)</b>	Туннельный эффект. Туннельный сенсор. Уравнение для туннельного тока. Устройство и принципы работы туннельного сенсора. Режимы сканирования. Режимы постоянного тока и постоянной высоты.
3	<b>Сканирующая туннельная спектроскопия</b>	Вольтамперная характеристика туннельного контакта. Режимы модуляции напряжения (V-модуляция) и высоты (Z-модуляция).
4	<b>Особенности использования СТМ в биофизических исследованиях</b>	Влияние состояния поверхности образца на особенности физических процессов в туннельном контакте и работу туннельного сенсора. СТМ в различных средах (вакууме, газах, жидкостях). Методы подготовки биообразцов для сканирования методом СТМ.
5	<b>Атомно-силовая микроскопия (АСМ)</b>	Физические принципы работы атомно-силового сенсора. Устройство АСМ зонда. Взаимодействие АСМ зонда с поверхностью, сила Ван-дер-Ваальса. 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); истинная неконтактная мода; периодический контакт.
6	<b>АСМ спектроскопия</b>	Исследование силы взаимодействия зонд-поверхность. Кривая «отвода-подвода». Расчет упругости биообъектов. Модель Герца. Методы калибровки жесткости кантилевера.

7	<b>Особенности использования АСМ в биофизических исследованиях</b>	АСМ в воздушной среде и в жидкостной ячейке. Методы иммобилизации объектов на подложке. Пробоподготовка клеточных и субклеточных структур. Морфометрия прокариотических и эукариотических клеток. Визуализация биологически важных макромолекул.
8	<b>Сканирующий микроскоп ближнего поля</b>	Устройство, принцип работы и применение сканирующего ближнепольного оптического микроскопа (СБОМ). Возможности использования в биологии.
9	<b>Устройство, принципы работы и характеристики СЗМ сканеров</b>	Пьезоэлектрические двигатели. Характеристики пьезоэлектрических материалов, применяемых в СЗМ сканерах. Явления нелинейности и гистерезиса $L-V$ характеристик, дрейфа, усталости и их роль в формировании артефактов СЗМ изображения. Виды СЗМ сканеров. Сравнительная характеристика различных конструкций СЗМ сканеров.
10	<b>Методы визуализации и обработки СЗМ изображений</b>	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.
11	<b>Артефакты и их устранение</b>	Виды артефактов при СЗМ сканировании и причины их возникновения. Методы устранения артефактов. Цифровая фильтрация СЗМ изображений. Полосовые фильтры. Конволюционные фильтры. Фурье-анализ и фильтрация СЗМ изображений. Выявление и анализ зернистой структуры изображения поверхности исследуемых образцов.

#### 4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	История создания СЗМ. Применение СЗМ при исследовании вирусов, клеточных мембран, ДНК, белковых и других органических молекул. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов и сканирующие элементы.	2
2	2-3	Устройство и физические основы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). Туннельный эффект. Устройство и принципы работы туннельного сенсора. СТМ-моды: Вольтамперная характеристика туннельного контакта. СТМ в различных средах и подготовка образцов для сканирования.	4
3	5-6	Атомно-силовая микроскопия (АСМ) Устройство и физические основы работы АСМ. Методы изготовления и особенности применения различных видов АСМ-зондов. АСМ спектроскопия. Подготовка образцов и применение АСМ в технологических исследованиях, химии, биологии.	4
4	9	Устройство, принципы работы и характеристики СЗМ сканеров.	2
5	10	Принципы построения изображений в СЗМ. Методы фильтрации полученных изображений.	2
6	11	Устранение артефактов, возникающих при сканировании биологических образцов.	2
		Итого:	16

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Никиян А. Н. Методы сканирующей зондовой микроскопии в биофизике [Электронный ресурс] / Никиян А. Н. - ОГУ, 2012. Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/3023\\_20120207.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/3023_20120207.pdf)
2. Методы исследования в биологии и медицине [Электронный ресурс] : учебник / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т"; Федер. гос. бюджет. учреждение "Межотраслевой науч.-техн. комплекс "Микрохирургия глаза" им. акад. С. Н. Федорова", Оренбург. фил.; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. мед. акад."; [В. Н. Канюков и др.]. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2.63 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2013. - 192 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. Издание на др. носителе [Текст]. Режим доступа: file:///C:/Users/user/Downloads/3579\_20130426.pdf

### 5.2 Дополнительная литература

1. Плескова, С. Н. Атомно-силовая микроскопия в биологических и медицинских исследованиях [Текст] : [учеб. пособие] / С. Н. Плескова. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 184 с. : ил. - Библиогр.: с. 173-183. - ISBN 978-5-91559-108-9.
2. Методы сканирующей силовой микроскопии : учебное пособие : [16+] / Н. А. Давлеткильдеев, И. А. Лобов, Е. Ю. Мосур, Д. В. Соколов. – Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2020. – 44 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=614054> (дата обращения: 13.04.2023). – Библиогр.: с. 44. – ISBN 978-5-7779-2487-2. – Текст : электронный.

### 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

Ссылки на конкретные массовые открытые онлайн-курсы, рекомендуемые студентам для самостоятельной работы, размещенные на платформах онлайн-обучения:

<https://openedu.ru/> - «Открытое образование»; Курс «Биофизика» (<https://openedu.ru/course/msu/БИОФУ/>),

1. Электронная библиотека Российской государственной библиотеки (РГБ) – Режим доступа : <http://elibrary.rsl.ru/>.
2. Электронная библиотека IQlib (образовательные издания, электронные учебники, справочные и учебные пособия) – Режим доступа : <http://www.iqlib.ru/>.
3. 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/>.
4. Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова – Режим доступа : <http://nbmgu.ru/>.
5. Электронные учебники и журналы по физике – Режим доступа : <http://e.lanbook.com>.
6. Электронные учебные пособия – Режим доступа : <http://www.intuit.ru/>
7. Популярный сайт о фундаментальной науке. Новости науки. Научные конференции, лекции, олимпиады – Режим доступа : [www.elementy.ru](http://www.elementy.ru)

8. Сайт Оренбургского государственного университета (в том числе методическая и учебная литература, создаваемая в электронном виде авторами) – Режим доступа : [www.osu.ru](http://www.osu.ru)

## **5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)
3. Бесплатное средство просмотра файлов PDF Adobe Reader

1) American Institute of Physics [Электронный ресурс] : реферативная база данных / Американский институт физики (AIP), AIP Publishing. – Режим доступа : <https://www.scitation.org/>, в локальной сети ОГУ.

2) Nature Publishing Group [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Режим доступа : <http://www.nature.com/siteindex/index.html>, в локальной сети ОГУ.

3) ProQuest Dissertations & Theses A&I [Электронный ресурс] : база данных диссертаций. – Режим доступа : <https://search.proquest.com/>, в локальной сети ОГУ.

4) SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ.

5) Royal Society of Chemistry [Электронный ресурс] : полнотекстовая база данных / Королевское химическое общество Великобритании. – Режим доступа : <http://pubs.rsc.org/>, в локальной сети ОГУ.

6) Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : <http://apps.webofknowledge.com/>, в локальной сети ОГУ.

## **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.