

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 3 от « 19 » января 2021 г.

Зав. кафедрой  /Мулюков Р.Р.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета /института

 /Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Экспериментальные методы исследования ФКС


Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.4 Дисциплины по выбору Часть, формируемая  
участниками образовательных отношений

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
28.03.03 Наноматериалы

Направленность (профиль) подготовки  
Объемные наноструктурные материалы

Квалификация  
Бакалавр

Разработчик (составитель) профессор, д.ф.- м.н.	 / Юмагузин Ю.М
--	--

Для приема: 2021 г.

Уфа 2021 г.

Составитель / составители: д.ф.-м.н., профессор Юмагузин Ю.М.

Рабочая программа дисциплины *утверждена* на заседании кафедры протокол от « 19 » января 2021 г. № 3

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры протокол № 7 от « 10 » июня 2021 г.

Заведующий кафедрой



/ Мулюков Р.Р.

### Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - (Приложение №1)	5 (15)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
4.3. Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)	9(19)
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	14
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

При изучении дисциплины «Экспериментальные методы исследования ФКС» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы» (квалификации «Бакалавр»):

ОПК-3: способностью применять основы методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, в твердом, жидком, гелеобразном, аэрозольном состоянии, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, внутренние и внешние границы раздела фаз, а также физических и химических процессов в них или с их участием;

ПК-3: способностью применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики изделий из наноматериалов и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания;

ПК-7: способностью применять навыки использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения и свойств нанобъектов (кластеров, наночастиц, фуллеренов, нанотрубок), наносистем, наноматериалов и изделий из них;

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (код)	Примечание
Знания	1. Знать основные характеристики и параметры поверхности твердых тел	ОПК-3	
	2. Знать основные понятия физики твердого тела, эмиссионных явлений, основы электронной оптики;	ПК-3	
	3. Знать и уметь интерпретировать получаемые экспериментальные данные исследований для различных методик	ПК-7	
Умения	1. Использовать знания, полученные при изучении физических основ методов сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	ОПК-3, ПК-3	
	2. Умение выбирать подходящую методику для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	ПК-7	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием различных экспериментальных установок и методов.	ОПК-3, ПК-3	
	2. Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	ПК-7	

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Экспериментальные методы исследования ФКС» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

**Целью** данной дисциплины является выработка у студентов корректных представлений о применении методов зондовой микроскопии для исследования поверхности твердых тел с различными способами зондовой микроскопии с нанометровым разрешением.

Дисциплина «Экспериментальные методы исследования ФКС» заканчивает цикл дисциплин «Основы материаловедения», «Технология наноматериалов» в которых рассматриваются, в основном, классические представления физики, и начинается ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области экспериментальных методов исследования свойств нанобъектов и материи в целом.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, физический практикум, математический анализ.

Чтобы приступить к изучению дисциплины «Экспериментальные методы исследования ФКС» студент должен знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин, уметь находить производные функций и их пределы, иметь навыки нахождения неопределенных и определенных интегралов функций. Студент должен иметь представления об основных средствах измерений в лабораторном физическом практикуме, уметь пользоваться измерительными приборами в рамках лабораторного физического практикума, иметь навыки расчетов погрешностей прямых и косвенных измерений.

Дисциплина «Экспериментальные методы исследования ФКС» заканчивает цикл специальных дисциплин «Физика и химия наноматериалов», «Основы материаловедения» в которых рассматриваются, в основном, классические представления электроники и физики твердого тела, и начинается ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области квантовой теории о свойствах микрообъектов и материи в целом.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, физический практикум, математический анализ.

Чтобы приступить к изучению дисциплины «Экспериментальные методы исследования ФКС» студент должен знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин, уметь находить производные функций и их пределы, иметь навыки нахождения неопределенных и определенных интегралов функций. Студент должен иметь представления об основных средствах измерений в лабораторном физическом практикуме, уметь пользоваться измерительными приборами в рамках лабораторного физического практикума, иметь навыки расчетов погрешностей прямых и косвенных измерений.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ОПК-3: способностью применять основы методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, в твердом, жидком, гелеобразном, аэрозольном состоянии, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, внутренние и внешние границы раздела фаз, а также физических и химических процессов в них или с их участием;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	знать экспериментальную технику сканирующей зондовой микроскопии, сканирующие элементы зондовых микроскопов; недостатки сканеров (нелинейность, крип, гистерезис). Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца	1. не знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1.обладает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1. обладает знанием элементарных и современных проблем экспериментальных методик за исключением некоторых	1. знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик
Второй этап (базовый уровень)	Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью	1. не умеет применять основы знаний для представления основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления основ применения экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления основ применения экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления основ применения экспериментальных методик
Третий этап (повышенный уровень)	Фильтрация СЗМ изображений. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению. Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных	1.не владеет знаниями о экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии	1. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии	1. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии

	микроскопов. контакта.				
--	------------------------	--	--	--	--

ПК-3: способностью применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики изделий из наноматериалов и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	Сканирующие элементы зондовых микроскопов; недостатки сканеров (нелинейность, крип, гистерезис). Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью	1. не знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1.обладает элементарными и современными проблемами экспериментальных методик	1. обладает знанием элементарных и современных проблем микроскопии за исключением некоторых	1. знает элементарных и современных проблем микроскопии
Второй этап (базовый уровень)	Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью Формирование и обработка СЗМ изображений. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера	1. не умеет применять основы знаний для представления применения основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основ микроскопии	1. умеет применять основы знаний для представления применения основ микроскопии
Третий этап (повышенный уровень)	Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение локальной работы выхода в СТМ. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта. Система управления сканирующего туннельного микроскопа. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов.	1.не владеет знаниями о экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах зондовой. экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик

ПК-7: способностью применять навыки использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения и свойств нанобъектов (кластеров, наночастиц, фуллеренов, нанотрубок), наносистем, наноматериалов и изделий из них;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник. Туннельная спектроскопия, система управления сканирующего туннельного микроскопа. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов.	1. не знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1. обладает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1. обладает знанием элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1. знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик
Второй этап (базовый уровень)	ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник. Туннельная спектроскопия, Атомно-силовая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом.	1. не умеет применять основы знаний для представления применения основных экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основных экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основных экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основных экспериментальных методик
Третий этап (повышенный уровень)	Колебательные методики АСМ, вынужденные колебания кантилевера. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ, Электросиловая микроскопия (ЭСМ). Принцип работы ЭСМ. Двухпроходная методика. Магнитно-силовая микроскопия (МСМ). Квазистатические методики МСМ, колебательные методики МСМ.	1. не владеет знаниями о методах экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины.



**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать технику сканирующей зондовой микроскопии, сканирующие элементы зондовых микроскопов, недостатки сканеров (нелинейность, крип, гистерезис). Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца, щита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью. Туннельная спектроскопия, система управления сканирующего туннельного микроскопа. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов. Фильтрация СЗМ изображений, методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению	ОПК-3, ПК-3, ПК-7	Тест, контрольная работа
2-й этап Умения	Уметь снимать ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник. Умение формирования и обработки СЗМ изображений. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера, фильтрация СЗМ изображений. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом	ОПК-3, ПК-3, ПК-7	Контрольная работа Тест
3-й этап Владеть навыками	Владеть методами сканирующей туннельной микроскопии, измерением локальной работы выхода в СТМ. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта. Владеть методами атомно-силовой микроскопии, электросиловой микроскопии (ЭСМ), принципами работы ЭСМ, двухпроходная методика; магнитно-силовой микроскопией (МСМ), квазистатические методики МСМ, колебательные методики МСМ	ОПК-3, ПК-3, ПК-7	Контрольная работа, тест

## Вопросы по дисциплине

Зачет является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Примерные вопросы для зачета:

1. Техника сканирующей зондовой микроскопии.
2. Сканирующие элементы зондовых микроскопов.
3. Недостатки сканеров (нелинейность, крип, гистерезис).
4. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца.
5. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий.
6. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью
7. Формирование и обработка СЗМ изображений.
8. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера
9. Фильтрация СЗМ изображений
10. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению
11. Сканирующая туннельная микроскопия.
12. Зонды для туннельных микроскопов
13. Измерение локальной работы выхода в СТМ
14. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта.
15. ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник
16. Туннельная спектроскопия
17. Система управления СТМ
18. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов
19. Атомно-силовая микроскопия.
20. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов
21. Контактная атомно-силовая микроскопия
22. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом
23. Система управления АСМ при работе кантилевера в контактном режиме
24. Колебательные методики АСМ, вынужденные колебания кантилевера
25. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ
26. Электросиловая микроскопия.
27. Магнитно-силовая микроскопия.
28. Квазистатические методики МСМ, колебательные методики МСМ.
29. Система управления АСМ, ЭСМ, МСМ (колебательные методики).
30. Ближнепольная оптическая микроскопия (БОМ).
31. Зонды БОМ на основе оптического волокна. Конфигурации БОМ.

**Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение:**

1. Электрические свойства диэлектриков. Пьезоэлектричество.
2. Электромагнитная индукция. Электродвигатели.
3. Упругость твердых тел, упругая сила.
4. Способы цифровой фильтрации.
5. Фурье преобразование – прямое и обратное.
6. Электронная структура поверхности.
7. Туннелирование электронов через барьер.
8. Магнитные свойства материалов.

**Примерные темы рефератов:**

1. Сегнетоэлектрики.
2. Полевая электронная эмиссия.
3. Цифроаналоговые и аналогоцифровые преобразователи.
4. Работа выхода электронов.
5. Свободные и вынужденные колебания.
6. Ван-дер-Ваальсовы силы взаимодействия.

7. Ферромагнетики.
8. Разрешение в оптических микроскопах.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

#### **Критерии оценивания знаний:**

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(*для экзамена*:

- от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;
- от 60 до 79 баллов – «хорошо»;
- от 80 баллов – «отлично».

*для зачета*:

- зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

#### **За ответы на вопросы билета выставляется**

- **15-18 баллов**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы.

Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **10-14 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок оба теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

- **5-9 баллов** выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

- **1-4 балла** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

#### **За решение задачи на экзамене выставляется:**

- 6 баллов, если задача решена полностью и без замечаний;
- 5 баллов, если задача решена полностью, но есть небольшие недочеты или несущественная ошибка в численных расчетах или преобразованиях;
- 4 балла, если все исходные положения теории и логические выводы записаны верно, но преобразования не закончены или в преобразованиях допущена ошибка;
- 3 балла, если в исходных уравнениях или в идее решения допущена серьезная ошибка, что привело к неверному результату или отсутствует одно из необходимых исходных уравнений, однако выполнены преобразования, направленные на получение ответа;

- 2 балла, если отсутствует два исходных уравнения из трех или четырех необходимых, или допущена грубая ошибка, свидетельствующая о непонимании условия задачи, однако присутствуют верные логические рассуждения, идея решения, частично правильные действия, направленные на получение ответа;

- 1 балл, если есть правильно записанное одно или два исходных положения теории или идея решения, но не сделано никаких действий для получения ответа;

- 0 баллов – решение отсутствует или полностью ошибочно.

**За ответ на дополнительный вопрос на экзамене выставляется:**

-3 балла, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;

- 2 балла, если ответ верен, но дан не в полном объеме учебной программы, или содержит незначительные ошибки;

- 1 балл, если ответ на вопрос дан, но содержит серьезные ошибки или большие пробелы в изложении;

- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. В.Л.Миронов. Основы зондирующей микроскопии. 2004 г.
2. С.А.Рыков - "Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур", СПб, Наука, 2001, 53 с.
3. В.А.Быков, М.И.Лазарев, С.А.Саунин - Сканирующая зондовая микроскопия для науки и промышленности. // "Электроника: наука, технология, бизнес", № 5, с. 7 – 14 (1997).

#### Дополнительная литература:

- 1.В.И.Панов – Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия поверхности.// УФН, т.155, № 1, с.155 – 158 (1988).
2. В.С.Эдельман – Развитие сканирующей туннельной и силовой микроскопии. // Приборы и техника эксперимента, № 1, с. 24 – 42 (1991).
3. В.К.Неволин - "Основы туннельно-зондовой нанотехнологии: Учебное пособие", Москва, МГИЭТ (ТУ), 1996, 91 с.

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. – Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института (415 аудитория).

Лабораторные занятия проводятся в специализированной лаборатории физико-технического института (118 кабинет). В таблице 5 приведены сведения об основном оборудовании, которое используется при выполнении лабораторных работ.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Таблица 5

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов,	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
---	-------------	---

лабораторий		
1	2	3
Аудитория 415	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска, программы: Windows, MS Power Point
Аудитория 118	Лабораторные работы по сканирующей зондовой микроскопии	СЗМ Наноэдыюкатор II (4 терминалов)

### **Лабораторные занятия по дисциплине и порядок их проведения**

Основные темы дисциплины «Зондовая микроскопия в исследовании наноматериалов» приведены в таблицах 3 и 4 рабочего плана, где можно ознакомиться с расшифровкой каждой темы и основными понятиями, которые необходимо освоить по каждому модулю. В этих же таблицах подробно прописана тематика самостоятельной работы с указанием литературных источников. По каждой теме самостоятельной работы в рабочей программе указаны соответствующие параграфы основной и дополнительной литературы, которая есть в достаточном количестве в библиотеке. Рекомендуется активно пользоваться электронными ресурсами библиотеки читального зала физико-технического института.

Самостоятельную работу нужно выполнять систематически для последовательного понимания материала и готовности к промежуточным и рубежным контролям. При возникновении вопросов необходимо обращаться к лектору в отведенное время за консультацией. Возможна консультация с использованием электронной почты или социальной сети.

Обязательное условие успешного освоения лекционного материала – внимательно слушать объяснения преподавателя, вести краткий конспект, задавать вопросы лектору, если возникает непонимание материала. Очень полезно обратиться к литературе, которую рекомендовал преподаватель по каждой лекции, и уяснить непонятные моменты. Если по какой-либо причине лекционное занятие было пропущено, материал необходимо проработать по рекомендуемой литературе, в противном случае следующая тема будет непонятна.

Лабораторные занятия требуют предварительной подготовки. Получив у преподавателя тему работы необходимо: проработать теоретический материал по данной работе (лекционный либо по учебной литературе); спланировать выполнение лабораторной работы: четко уяснить порядок выполнения работы, подготовить порядок сохранения и обработки полученных результатов. Перед выполнением работы необходимо сдать допуск преподавателю. После получения результатов расчетов и их предварительной обработки нужно проанализировать полученные результаты, сформулировать вывод и подготовить ответы на контрольные вопросы, которые приведены в конце работы. Ниже перечислена тематика лабораторных работ:

1. Получение первого СЗМ изображения.
2. Обработка и количественный анализ СЗМ изображений.
3. Исследование поверхности твердых тел полуконтактным методом атомно-силовой микроскопии.
4. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.
5. Изготовление зондов для СЗМ методом электрохимического травления.
6. Исследование поверхности т.т. методами сканирующей туннельной микроскопии.
7. 2D и 3D представление СЗМ изображения.

По итогам каждой лабораторной работы оформляется отчет, который сдается преподавателю на следующем после выполнения данной работы занятии.

Отчет должен включать:

- краткое теоретическое введение, отражающее устройство, принцип действия и назначение исследуемого прибора;
- задание на выполнение работы;
- план проведения эксперимента;
- схему установки и ее краткое описание;
- результаты и их обсуждение, в том числе анализ погрешности эксперимента, методику обработки результатов,
- теоретические расчеты, анализ полученных данных и сравнение их с литературными;
- выводы;
- список использованной литературы.

По итогам каждой лабораторной работы преподаватель выставляет оценку, учитывающую предварительную подготовку, объем и качество экспериментальной части работы, глубину обсуждения результатов и качество отчета.

"Удовлетворительно" выставляется при выполнении работы по стандартной схеме и удовлетворительном знании основных закономерностей изучаемого явления.

"Хорошо" выставляется при наличии творческого, тщательно продуманного плана работы, качественного выполнения экспериментальной части, детального анализа полученных результатов и хороших знаний изучаемого вопроса.

"Отлично" требует нестандартного подхода к выполнению работы, включения в нее элементов исследования, машинной обработки результатов.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Зондовая микроскопия в исследовании наноматериалов» на  
8 семестр  
(наименование дисциплины)  
очная  
форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: профессор, д.ф.-м.н., Юмагузин Юлай Мухаметович,  
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Лабораторные занятия: профессор, д.ф.-м.н., Юмагузин Юлай Мухаметович  
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	24
практических/ семинарских	
лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	82
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма контроля:  
зачет 8 семестр



### 3. Рабочая программа дисциплины

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Электронная микроскопия и микроанализ на 8 семестре  
(наименование дисциплины)

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: профессор кафедры физики и технологии наноматериалов  
д.ф.-м.н., Юмагузин Ю.М.  
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Лабораторные занятия: профессор кафедры физики и технологии наноматериалов  
д.ф.-м.н., Юмагузин Ю.М.  
(должность, уч. степень., ф.и.о.)

Зачетных единиц трудоемкости (ЗЕТ) 2

Учебных часов:

лекций (в т.ч. в интерактивных формах) 34 8 семестр

семинарских (в т.ч. в интерак. формах) \_\_\_\_\_

практических (в т.ч. в интерактивных формах) \_\_\_\_\_

Лабораторных 18

консультаций \_\_\_\_\_

зачет \_\_\_\_\_

экзамен 8 семестр \_\_\_\_\_

самостоятельная работа студентов 2 (8 семестр)

КСР 2 (8 семестр)

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материала	Количество часов	Интерактивные методы обучения	Межпредметные связи	Инновационные методы в обучении	Основная и дополнительная литература	Задания по самостоятельной работе студентов.	Количество часов	Формы контроля
-------	-------------------	--------------------------	------------------	-------------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------------------	--	------------------	----------------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	<p><b>Параметры поверхности твердых тел.</b> Введение. 1 Основные микроскопические параметры поверхности твердых тел. 1.1 Геометрическая структура, топография поверхности. 1.2 Электронные свойства поверхности. 1.3 Химический элементный состав поверхности.</p>	ЛК ЛР СР	2	Самостоятельная работа с литературой	Физика поверхности		Осн. [2 гл.4, пп.2.1-2.3;] Доп. [1 гл.1, пп.1.1-1.3;]	Основные положения физики твердого тела	1	Опрос
2	<p><b>Взаимодействие электронов с поверхностью.</b> 1. Физические явления на поверхности твердых тел при электронном облучении. 1.1 Рассеяние электронов в твердых телах, длина пробега электронов. 1.2 Упруго и неупругоотраженные электроны, потери энергии электронами. 2. Вторично-электронная эмиссия, оже-электронная эмиссия, излучение фотонов, плазмонные колебания.</p>	ЛК СР	4	Метод Case-study (анализ практических ситуаций) на лаб. занятии Самост. работа с литературой	Физика поверхности. Эмиссионная электроника	Компьютерные обучающие программы	Осн. [2 гл.2, пп.3.1-3.3;] Доп. [2, 3]			

	<p>3. Эмиссия атомных частиц, электронно-стимулированная десорбция.</p> <p>4. Пространственное распределение электронного пучка в твердых телах.</p>									
3	<p><b>Электронные микроскопы.</b></p> <p>1. История развития электронной микроскопии. Основные типы и режимы работ электронных микроскопов.</p> <p>2. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).</p> <p>3. Увеличение, разрешающая способность и режимы работы ПЭМ. Подготовка образцов для ПЭМ.</p> <p>4. Растровая электронная микроскопия (РЭМ).</p> <p>5. Формирование изображения, контраста, детектирование сигнала и увеличение в РЭМ. Подготовка образцов для ПЭМ и РЭМ.</p>	ЛК ЛР СР	16	Метод Case-study Самост. работа с литературой	Электронная оптика		Осн. [1 гл.4, пп.2.1-2.3;; 4, 5, 6] Доп. [ 3, 4 ]			
4	<p><b>Дифракция электронов.</b></p> <p>1. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Дифракция быстрых электронов (ДБЭ).</p> <p>2. Исследование геометрической структуры поверхности твердых тел с помощью ДМЭ и ДБЭ.</p>	ЛК СР	2	Самостоятельная работа с литературой			Осн. [1, 4, 5] Доп. [ 3 ]			
5	<b>Рентгеновская фотоэлектронная</b>						Осн. [ 2,			

	<p align="center"><b>спектроскопия.</b></p> <p>1. Физический принцип рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).</p> <p>2. Возможности метода РФЭС, качественный и количественный химический анализ поверхности твердых тел.</p> <p>Рентгеновские микроанализаторы, установки РФЭС.</p>	ЛК СР	2		Фотоэлектронная эмиссия		4] Доп. [ 1 ]	Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия	3	Доклад
6	<p align="center"><b>Электронная оже-спектроскопия</b></p> <p>1. Физический принцип электронной оже-спектроскопии (ЭОС).</p> <p>2. Возможности метода ЭОС, интерпретация оже-спектров. Качественный и количественный химический анализ с помощью ЭОС.</p> <p>3. Установки ЭОС, комбинированные микроанализаторы с применением ЭОС.</p>	ЛК СР	2	Метод Case-study (анализ конкретных практических ситуаций) на семинарском занятии	Эмиссионная электроника		Осн. [ 2, 4 ] Доп. [ 1 ]	Лазерная масс-спектрометрия	2	Доклад
7	<p align="center"><b>Полевые методы анализа.</b></p> <p>1. Полевая электронная и ионная эмиссия.</p> <p>2. Полевая электронная спектроскопия поверхности металлов и полупроводников.</p> <p>3. Методика и установки полевой электронной спектроскопии.</p>	ЛК ЛР СР	4		Эмиссионная электроника	Компьютерные обучающие программы	Осн. [ 2, 4, 6 ] Доп. [ 2, 4 ]			

8	<p><b>Взаимодействие ионов с поверхностью твердых тел.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физические явления на поверхности твердых тел при ионной бомбардировки.</li> <li>2. Взаимодействие ионов с поверхностью твердых тел.</li> <li>3. Отраженные ионы, упругие и неупругие потери энергии ионами.</li> <li>4. Пробег ионов в твердых телах.</li> <li>5. Распыление поверхности, вторично-ионная эмиссия.</li> </ol>	ЛК ЛР СР	4	Самостоятельная работа с литературой			Осн. [ 2, 3, 4, 6 ] Доп. [1, 2, 4 ]			
9	<p><b>Анализ поверхности ионами.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы анализа поверхности твердых тел, основанные на облучении поверхности ионами.</li> <li>2. Метод вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС).</li> <li>3. Качественный анализ химического состава поверхности методом ВИМС.</li> <li>4. Физические основы количественного анализа. Исследование профилей концентрации элементов в образцах методом ВИМС.</li> <li>5. Установки ВИМС. Ионные микрозонды, масс-спектральные микроскопы.</li> <li>6. Спектроскопия рассеяния медленных ионов.</li> </ol>	ЛР ЛР СР	16	Метод Case-study (анализ практических ситуаций) на лабораторном занятии  Самостоятельная работа с литературой	Компьютерные обучающие программы		Осн. [ 2, 3, 4, 6 ] Доп. [1, 2, 4 ]	Ионные источники	2	Доклад

	Современные аналитические приборы и их применение.			урой						
--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--

## Рейтинг – план дисциплины

«Зондовая микроскопия в исследовании наноматериалов»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Наноматериалы», направленность (профиль) «Объемные наноструктурные материалы»

курс 4, семестр 8\_ 2019 /2020 уч.г.

Количество часов по учебному плану 144, в т.ч. контактная работа 60, самостоятельная работа 82.

Преподаватели:

лекции Юмагузин Юлай Мухаметович, д.ф.-м.н., профессор.практические занятия Юмагузин Юлай Мухаметович, д.ф.-м.н., профессор.Кафедра: физики и технологии наноматериалов

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 «Техника сканирующей зондовой микроскопии.»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Тест 1	4	5	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа №1	5	3	0	15
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Модуль 2 «Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая, электро- и магнитно-силовая микроскопия»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
3. Контрольная работа №2	5	4	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тест 2	3	5	0	15
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие в олимпиадах по общей физике (баллы за задачи по атомной физике)			0	<b>10</b>
<b>Итого поощрительных баллов</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
<b>Экзамен</b>	9 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 18 б.	<b>30</b>
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	
	6 (задача)	1	Макс. 6 б.	

Утверждено на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники  
 Протокол № 1 от «30» августа 2018 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /Мулюков Р.Р. /

Преподаватели \_\_\_\_\_ /Юмагузин Ю.М.. /