



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждена:  
на заседании кафедры  
протокол № 7 от « 23 » мая 2019 г.  
Зав. кафедрой  / Балапанов М.Х.

Согласовано:  
Председатель УМК института  
 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Сканирующая зондовая микроскопия»

*(наименование дисциплины)*

Б1.В.1.ДВ.04.02 вариативная часть, дисциплина по выбору


*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

программа бакалавриата

Направление подготовки  
03.03.02 Физика

Направленность подготовки  
Медицинская физика

Квалификация  
Бакалавр

<p>Разработчики (составители)</p> <p><u>к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики</u> (должность, ученая степень, ученое звание)</p>	<p> / <u>Гирфанова Ф.М.</u></p>
---	---

Для приема: 2018

Уфа 2018 г.



1.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций).	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 (14)
4.	Фонд оценочных средств по дисциплине	5
4.1.	Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах информирования, описание шкал оценивания	5
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	7
4.3.	<i>Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)</i>	
5.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	9
5.1.	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.	9
5.2.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины.	10
6.	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	11

**1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций).**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

**ПК-1** способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

**ПК-2** способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

**ПК-3** готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

В таблице 1 приведены основные элементы ЗУН (знания-умения-навыки) с распределением их по развиваемым компетенциям.

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать типы, виды и принцип работы сканирующих зондовых микроскопов, методику подготовки образцов для постановки и решения конкретных задач научных исследований	ПК- 1, ПК-2 ПК-3	
	Знать основные физические методы, методики и закономерности необходимые для решения научно-инновационных задач	ПК- 1, ПК-2 ПК-3	
Умения	Умение использовать знания, полученные в рамках теоретического курса методов зондовой микроскопии в ФКС для решения научно-инновационных задач	ПК- 1, ПК-2 ПК-3	
	Умение использовать полученные знания при составлении и оформлении научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	ПК- 1, ПК-2 ПК-3	
	Умение использовать полученные знания	ПК- 1, ПК-2	

	при разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационным исследованиям	ПК-3	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть методиками сканирования образцов при работе с зондовыми сканирующими микроскопами при разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности;	ПК- 1, ПК-2 ПК-3	
	Владеть методикой применения научных исследований в инновационной деятельности;	ПК- 1, ПК-2 ПК-3	

## **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы**

Дисциплина /модуль/ «Сканирующая зондовая микроскопия» относится к разделу профессионального цикла (Б1.В.1 ДВ.04.02 вариативная часть /дисциплина по выбору/) Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 030302 «Физика» (квалификация /степень «Бакалавр»).

Для освоения дисциплины /модуля/ «Сканирующая зондовая микроскопия» необходимо знание студентами теоретического материала по данной дисциплине, знать виды и типы сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ), принцип их работы, выбор режима сканирования, методику подготовки образцов для проведения исследования, выполнить лабораторные работы с использованием СЗМ, для закрепления теоретического материала и развития навыков работы на СЗМ. Студенты должны обладать знаниями в области физики конденсированных состояний, свойствами исследуемых материалов, физических параметров.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) Приложение № 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**

**ПК-1** способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип компетенции: **профессиональная компетенция** выпускника образовательной программы уровня высшего образования (ВО) бакалавриат

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
Первый этап (знания)	Знать: основные положения в области физики для освоения профильных дисциплин; специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин.	Студент не знает основные положения в области физики для освоения профильных дисциплин; не имеет специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин	Студент имеет частичные знания об основных положениях в области физики для освоения профильных дисциплин; специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин	Студент знает об основных положениях в области физики для освоения профильных дисциплин; имеет специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин но допускает незначительные ошибки	Студент знает основные положения в области физики для освоения профильных дисциплин; специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин
Второй этап (умения)	Уметь: решать стандартные специализированные задачи в физике	Не умеет решать стандартные специализированные задачи в физике	Не в полной мере может решать стандартные специализированные задачи в физике	Умеет решать стандартные специализированные задачи в физике, но допускает незначительные	Умеет решать стандартные специализированные задачи в физике

				ые ошибки	
Третий этап (владение)	Владеть: навыками постановки и решения специализированных задач в физике	Не владеет навыками постановки и решения специализированных задач в физике	Владеет навыками постановки и решения специализированных задач в физике но допускает ошибки	Использует навыки постановки и решения специализированных задач в физике	Владеет в полной мере навыками постановки и решения специализированных задач в физике

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: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

### **Код и формулировка компетенции ПК-2**

-способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ**

Тип компетенции: **профессиональная компетенция** выпускника образовательной программы уровня высшего образования (ВО) бакалавриат

### **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХОЦЕНИВАНИЯ**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
Первый этап	Знать:	Студент не	Студент	Студент знает	Студент знает

(знания)	методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	знает методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	имеет частичные знания о методиках проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта но допускает незначительные ошибки	методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
Второй этап (умения)	Уметь: применять методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том	Не умеет применять методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том	Не в полной мере может применять методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной	Умеет применять методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной	Умеет применять методики проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной



	числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта, но допускает незначительные ошибки	числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
Третий этап (владение)	Владеть: навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Не владеет навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Не в полной мере владеет навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта, но допускает ошибки	Владеет навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта, но допускает ошибки	Владеет в полной мере навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

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: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

### Код и формулировка компетенции ПК-3

- готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип компетенции: **профессиональная компетенция** выпускника образовательной программы уровня высшего образования (ВО) бакалавриат

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
Первый этап (знания)	Знать: теорию и методы физических исследований, быть готовым применять на практике профессиональные знания	Студент не знает теорию и методы физических исследований, не готов применять на практике профессиональные знания	Студент имеет частичные знания по теории и методам физических исследований, не готов в полной мере	Студент знает теорию и методы физических исследований, готов применять на практике профессиональные знания,	Студент знает теорию и методы физических исследований, готов применять на практике профессиональные знания

			применять на практике профессиональные знания	но допускает незначительные ошибки	
Второй этап (умения)	Уметь: применять на практике профессиональные знания теорию и методы физических исследований	Не умеет применять на практике профессиональные знания теорию и методы физических исследований	Не в полной мере может применять на практике профессиональные знания теорию и методы физических исследований	Умеет применять на практике профессиональные знания теорию и методы физических исследований, но допускает незначительные ошибки	Умеет применять на практике профессиональные знания теорию и методы физических исследований
Третий этап (владение)	Владеть: навыками применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований	Не владеет навыками применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований	Не в полной мере владеет навыками применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований	Владеет навыками применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований, но допускает ошибки	Владеет навыками применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований

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: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**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	1 Знать типы, виды и принцип работы сканирующих зондовых микроскопов, методику подготовки образцов для постановки и решения конкретных задач научных исследований и использовать способность к абстрактному мышлению при обработке и проведении анализа полученных результатов	ПК-1, ПК-2 ПК-3	Письменная работа
2-й этап Умения	1. Уметь: пользоваться методикой подготовки образцов для постановки и решения конкретных задач при проведении научных исследований, проводить исследования при помощи атомно-силовых микроскопов	ПК-1, ПК-2 ПК-3	Письменная работа Выполнение и защита лабораторной работы
	2. Уметь использовать полученные знания при разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях	ПК-1, ПК-2 ПК-3	Письменная работа
3-й этап Владеть навыками	Свободно владеть знаниями и приемами исследований сканирующими зондовыми микроскопами различных материалов, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области физики конденсированного состояния	ПК-1, ПК-2 ПК-3	Письменная работа

### Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета:

*Билет состоит из двух теоретических вопросов.*

Примерные вопросы для экзамена:

1. История создания сканирующих микроскопов.
2. Виды и типы сканирующих зондовых микроскопов.
3. Принцип работы СЗМ.
4. Что такое кантилевер ?

5. Выбор режима сканирования ?
6. Как работает микроскоп при контактном режиме сканирования ?
7. Как работает микроскоп при полуконтактном режиме сканирования ?
8. Как работает микроскоп при бесконтактном режиме сканирования ?
9. Выбор подложки для нанесения образца.
10. Методики подготовки образцов.
11. Результаты сканирования и их обработка ?
12. Программы обработки СЗМ изображений.
13. Что представляет собой 2 D СЗМ-изображение ?
14. Что представляет собой 3 D СЗМ-изображение ?
15. Сканирующий туннельный микроскоп, методики исследований, режимы сканирования, обработка полученных изображений
16. Атомно-силовой микроскоп, методики исследований, режимы сканирования, обработка полученных изображений

### **Пример экзаменационного билета:**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»  
Физико-технический институт  
Кафедра общей физики

#### ***ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1***

по дисциплине «Электричество и магнетизм»  
Направление 03.03.02 «ФИЗИКА»  
Профиль «Медицинская физика»  
Экзаменационный билет N 1

1. История создания сканирующих микроскопов.
2. Как работает микроскоп при контактном режиме сканирования ?

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Балапанов М.Х.  
(подпись) (Ф.И.О.)

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.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов по общей физике. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

### **Критерии оценивания ответа на экзамене:**

Максимальная оценка – 30 баллов складываются из оценки за ответ на теоретические вопросы билета (два вопроса оцениваются максимально по 12 баллов каждый), и оценок за ответы на дополнительные вопросы (три вопроса, оцениваемых каждый в 2 балла максимально).

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

- **15-24 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.

### **Описание письменной работы № 1.**

1. Виды и типы сканирующих зондовых микроскопов
2. Принцип работы СЗМ
3. Режимы и выбор параметров сканирования
4. Методика подготовки образцов
5. Программы обработки СЗМ изображений.

### **Критерии оценивания письменной контрольной работы № 1.**

Письменная контрольная работа содержит 2 вопроса (1 вопрос оценивается 0-10 баллов):

- 9-10 баллов выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на вопрос, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопрос.
  - 5-8 баллов выставляется студенту, если при ответе на вопрос допущена незначительная ошибка или при правильном ответе допущена не принципиальная ошибка;
  - 1-5 баллов выставляется студенту, допущена принципиальная ошибка в ответе, но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа;
- 0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе.

### **Описание письменной работы № 2**

1. Применение сканирующих зондовых микроскопов для исследований.
2. Сканирующий туннельный микроскоп, принцип работы и его характеристики.
3. Сканирующий туннельный микроскоп методики исследований, режимы сканирования, обработка полученных изображений.
4. Атомно-силовой микроскоп, принцип работы и его возможности
5. Атомно-силовой микроскоп методики исследований, режимы сканирования, обработка полученных изображений
6. Анализ и интерпретация полученных результатов.
7. Программы обработки результатов (СЗМ-изображений).
8. Применение СЗМ в медицинской физике.
9. Что представляет собой 2 D СЗМ-изображение ?
10. Что представляет собой 3 D СЗМ-изображение ?

### **Критерии оценивания письменной контрольной работы № 2.**

Письменная контрольная работа содержит 3 вопроса (1 вопрос оценивается 0-5 баллов):

- 5 баллов выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на вопрос, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопрос.
- 4 баллов выставляется студенту, если при ответе на вопрос допущена незначительная ошибка или при правильном ответе допущена не принципиальная ошибка;
- 1-3 баллов выставляется студенту, допущена принципиальная ошибка в ответе, но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа;
- 0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе.

### **Лабораторные работы**

#### **Структура лабораторных работ**

Студент выполняет за отведенное время по учебному плану минимум 12 лабораторных работ. Учебно-методические пособия разрабатываются, не изданы. На выполнение одной лабораторной работы студент должен потратить не менее 4 часов и не более 6 часов аудиторной работы. Под выполнением лабораторной работы понимается: получение допуска к измерениям (наличие конспекта в тетради и знание устройства и принципа работы лабораторной установки); выполнение измерений; выполнение письменного отчета в тетради, защита лабораторной работы (ответы на вопросы в конце учебно-методического пособия).

### **Тематика лабораторных работ**

#### ***Перечень лабораторных работ:***

1. Лабораторная работа № 1 «Подготовка образцов к АСМ-сканированию»
2. Лабораторная работа № 2 «Исследование поверхностной структуры асфальтенов методом АСМ»
3. Лабораторная работа № 3 «Исследование поверхностной структуры магнитного CD-диска методом АСМ»

### ***Образец отчета по лабораторной работе***

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический институт  
Кафедра теоретической физики



ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2  
на тему: «Изучение СЗМ на примере исследования  
структуры диска АСМ - методом»

Уфа, 2019 г.

## Лабораторная работа №2 «Изучение СЗМ на примере исследования структуры диска АСМ - методом»

**Цели работы:** Изучение принципа работы Наноэдюкатора 2 и методов исследования образцов на примере оптического диска; выбор параметров и режима сканирования; получение качественных АСМ-изображений. Их обработка и анализ.

**Приборы и принадлежности:** образец (оптический диск), Наноэдюкатор 2.

Краткая теория

Сканирующий атомно-силовой микроскоп (АСМ) был создан в 1982 г. Гердом Биннигом, Кельвином Куэйтом и Кристофером Гербером. Изначально микроскоп представлял собой модификацию сканирующего туннельного микроскопа, который в отличие от туннельного позволял исследовать рельеф не только проводящих, но и непроводящих поверхностей. Принцип действия АСМ основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества. Аналогичные силы действуют и между любыми сближающимися телами. В атомно-силовом микроскопе такими телами служат исследуемая поверхность и скользящее над нею остриё. Для определения топографии поверхности в первой версии АСМ использовалась упругая консоль (балка или кантилевер), отклонение которой при взаимодействии с поверхностью определялось по изменению туннельного тока, как в сканирующем туннельном микроскопе. Туннельный ток измерялся между балкой и зондом туннельного микроскопа, расположенным непосредственно над балкой. Лишь двумя годами позже была предложена использующаяся и по сей день оптическая схема регистрации отклонения кантилевера. Разрешение АСМ варьируется в диапазоне от десятков ангстрем до атомарного. В зависимости от характера взаимодействия между зондом и образцом, различают контактный, бесконтактный и полуконтактный способы проведения силовой микроскопии. Использование контактного способа предполагает, что зонд упирается в образец и находится в области действия сил отталкивания. В полуконтактном и бесконтактном режимах зонд колеблется на резонансной частоте. При работе бесконтактным способом используется эффект сдвига резонансной частоты кантилевера под действием сил притяжения. В полуконтактном режиме используется эффект уменьшения амплитуды колебаний зонда под действием сил отталкивания. Перечисленные способы измерений обладают определенными достоинствами и недостатками. Контактный способ измерений наиболее удобен с точки зрения детектирования силового взаимодействия, т.к. величины сил отталкивания в области контакта могут значительно превышать величины сил притяжения. Однако при его использовании существует опасность возникновения нарушений структуры поверхности образца и быстрого износа или даже поломки зонда. При бесконтактном способе измерений разрушение образца отсутствует, однако малы измеряемые сигналы. Поэтому наиболее часто для визуализации различных свойств поверхности в силовой микроскопии используется полуконтактный метод детектирования взаимодействия. При этом вследствие кратковременности контакта воздействие зонда на поверхность минимально, а измеряемые сигналы достаточны для их надежного детектирования. Дополнительным преимуществом полуконтактного метода является отсутствие сдвиговой составляющей силы воздействия на исследуемую поверхность, что существенно уменьшает искажения получаемых изображений.

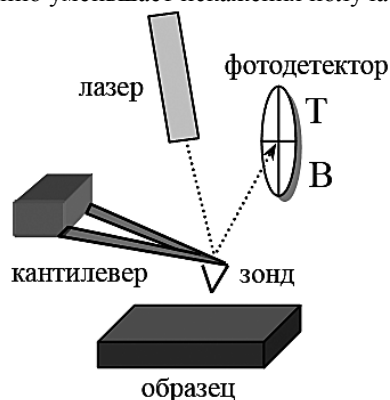


Рис.1 Схема силового датчика

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) — это методика исследования проводящих образцов. Она позволяет полностью описывать топографию и электронную структуру поверхности. Метод для исследования поверхности был предложен и реализован инструментально Генрихом Рорером и Гердом Биннигом в 1981 г.

В СТМ острая металлическая игла подводится к образцу на расстояние нескольких [ангстрем](#). При подаче на иглу относительно образца небольшого [потенциала](#) возникает [туннельный ток](#). Величина этого

тока [экспоненциально](#) зависит от расстояния образец-игла. СТМ первый из класса [сканирующих зондовых микроскопов](#).

В процессе сканирования игла движется вдоль поверхности образца, туннельный ток поддерживается стабильным за счёт действия обратной связи, и показания следящей системы меняются в зависимости от топографии поверхности. Такие изменения фиксируются, и на их основе строится карта высот.

Другая методика предполагает движение иглы на фиксированной высоте над поверхностью образца. В этом случае фиксируется изменение величины туннельного тока и на основе данной информации идёт построение [топографии поверхности](#).

Принцип работы зондового датчика СЗМ НАНОЭДЮКАТОР II

Измерительный вкладыш СЗМ НАНОЭДЮКАТОР II (Рис. 1) представляет собой основание 1 на котором закреплена плата 2, а также пьезотрубчатый держатель 3. Данный вкладыш позволяет проводить измерения как по методам АСМ, так и по методам СТМ. Пьезотрубчатый держатель выполнен в виде пьезокерамической трубки длиной  $l=7$  мм, диаметром  $d=1.2$  мм и толщиной стенки  $h=0.25$  мм, жестко закрепленной с одного конца на основании 3 АСМ вкладыша. На внутреннюю поверхность трубки нанесен проводящий электрод. На внешнюю поверхность трубки нанесены два электрически изолированных полуцилиндрических электрода. Свободный конец трубки используется как держатель зонда, изготовленного методом электрохимического травления. Радиус закругления кончика зонда –  $0.2 \div 0.05$  мкм.

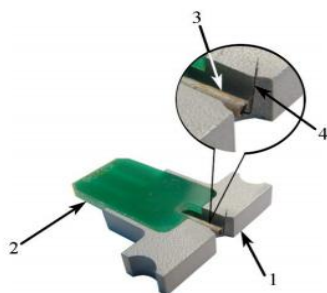


Рис. 1. Измерительный вкладыш с установленным зондом 1 – основание; 2 – плата; 3 – пьезотрубчатый держатель; 4 – зонд

#### Определение фильтров

Линейные фильтры основаны на использовании преобразования исходной функции, при котором производится свертка функции с ядром фильтра. Математически, свертка исходной двумерной функции  $Z(i,j)$  с ядром фильтра  $K(k,l)$ , имеющим размер  $N \times M$  элементов (где  $N$  и  $M$  – нечетные), описывается

$$Z'(i,j) = \frac{1}{S} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M K(k,l) Z(i - (N+1)/2 + k, j - (M+1)/2 + l)$$

как:

где:

$$S = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M K(i,j)$$

$S$  – сумма элементов ядра, определяемая как

$Z'(i,j)$  – результирующее изображение, полученное после применения фильтра.

К линейным фильтрам относятся следующие группы фильтров:

- Сглаживающие – сглаживают изображение. Обычно используются, для уменьшения высокочастотных шумов.
- Градиентные (дифференцирующие) – контрастируют границы и края. Используются для выделения границ объектов, для подчеркивания и усиления локальных неоднородностей.
- Фильтры резкости (контрастирующие) – повышают визуальную резкость и контрастность изображения.

#### Сглаживание

Сглаживание изображения в простейшем случае выполняется путем замены значения в каждой точке усредненным значением величин в некоторой окрестности этой точки.

#### Градиентные фильтры

Градиентные (дифференцирующие) фильтры делятся на вертикальные и горизонтальные. Вертикальные фильтры производят дифференцирование в горизонтальном направлении и усреднение в вертикальном направлении. Вертикальные фильтры используются для выделения границ объектов в вертикальном направлении. Горизонтальные фильтры производят дифференцирование в вертикальном направлении и усреднение в горизонтальном направлении. Горизонтальные фильтры используются для выделения границ объектов в горизонтальном направлении.

#### Фильтры резкости (Контрастирующие фильтры)

Контрастирующие фильтры, в отличие от сглаживающих, усиливают разницу между соседними точками изображения. Эти фильтры используются для повышения общей визуальной четкости изображения, для выделения границ областей и объектов, имеющих различную высоту, для контрастирования локальных неоднородностей.

#### Нелинейные фильтры

К нелинейным относятся медианные фильтры. Медианные фильтры являются сглаживающими фильтрами, которые хорошо убирают шумы импульсного характера, например, шумы в виде «отдельных точек», и в то же время, сохраняют резкость границ. Эти фильтры работают следующим образом. Окно фильтра, состоящее из  $n \times n$  точек, перемещается по изображению от точки к точке. Для каждой точки исходной функции рассматривается локальная область, определяемая размерами окна фильтра.

Значения функции в точках этой локальной области (т.е. в точках окна фильтра) выстраиваются по возрастанию, и значение, стоящее в центре этого ряда, присваивается значению выходной функции в данной точке. Если окно фильтра имеет размеры  $3 \times 3$ , то число значений в полученном ряду будет 9, и выбирается центральная точка из

этих девяти значений, соответственно, в случае фильтра размером  $5 \times 5$ , ряд имеет 25 членов, и выбирается центральная точка из этих 25 значений, и т.д.

Таким образом, случайные «точечные» выбросы и провалы при такой сортировке окажутся на краях сортируемого массива, будут отфильтрованы и не войдут в результирующее изображение.

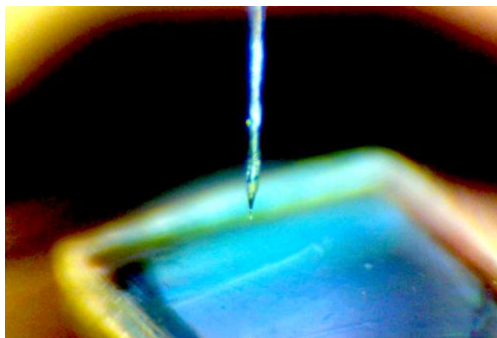


Рис.2 Снимок зонда с помощью камеры Наноэдыюкатора

#### Результаты исследования

Был представлен образец  $10 \times 10$  мм. В виду того, что образец не проводит ток, был выбран полуконтактный АСМ режим (рис.3). Данный режим лучше всего подходит для работы с образцом оптического диска по причине меньшего воздействия на поверхность образца, а также в полуконтактном режиме сигналы достаточны для детектирования. Выполнена процедура построения резонансной кривой (рис.4). Были выбраны следующие параметры сканирования во избежание дефектов сканирования (рис.5):

Размер области сканирования –  $10 \times 10$  мкм

Рабочая точка – 8.00 нА

Усиление – 1

Скорость – 1 Гц

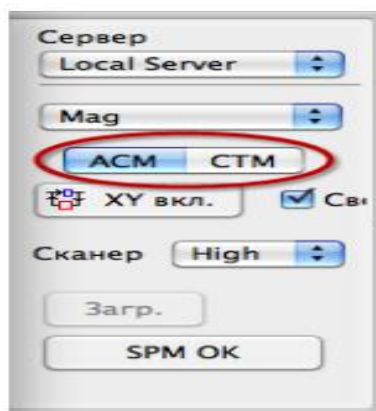


Рис.3 Переключение прибора для работы полуконтактным методом АСМ

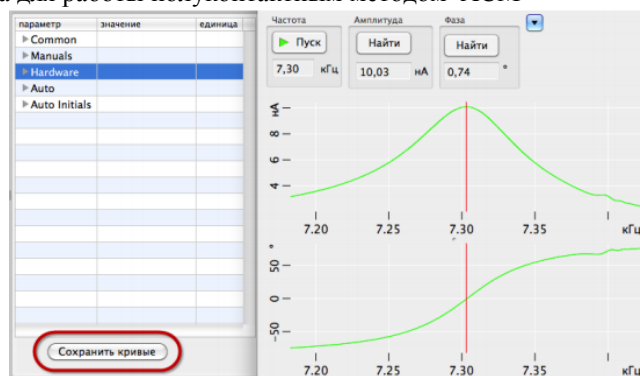


Рис.4 Частотные зависимости сигналов Mag и Phase

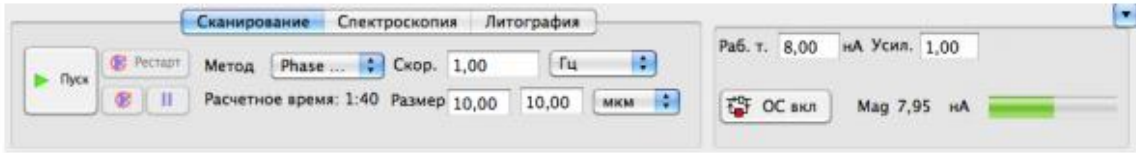


Рис.5 Выбранные параметры сканирования

Ниже представлены АСМ-изображения рельефа поверхности (исходное и с применением различных фильтров).

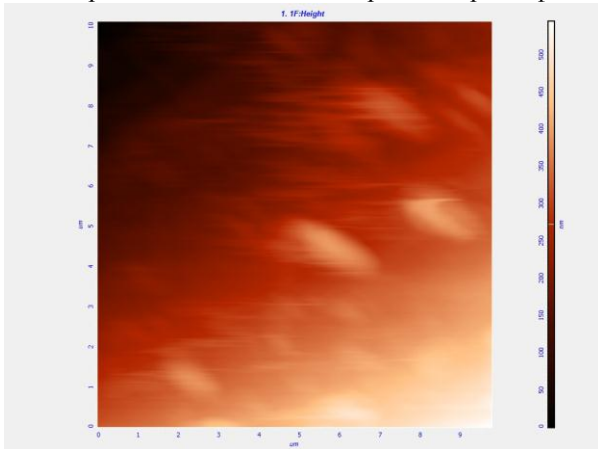


Рис.6 Оптический диск (исходный рисунок) изображение 2D

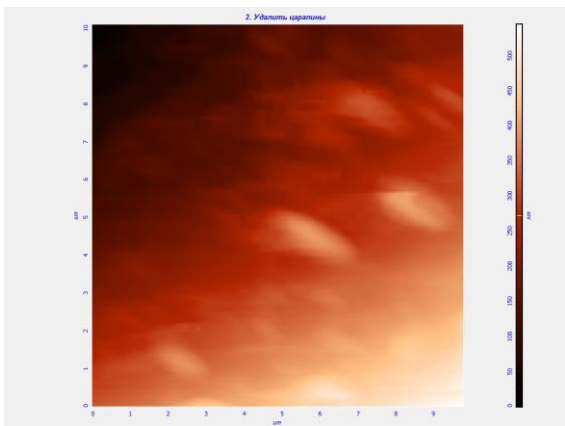


Рис.7 Оптический диск изображение после использования фильтра удаление царапин

Как мы видим из рис.7 фильтр удаление царапин очень эффективен в устранении дефектов поверхности на полученном АСМ-изображении.

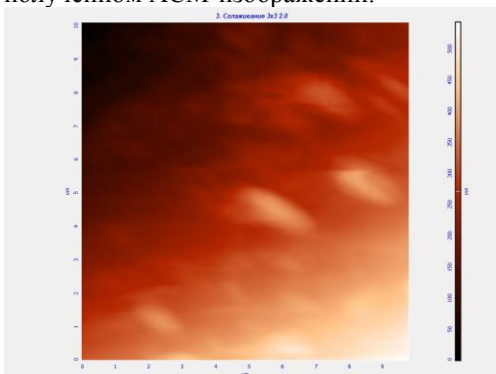


Рис.8 Оптический диск изображение после использования фильтра сглаживание 3x3

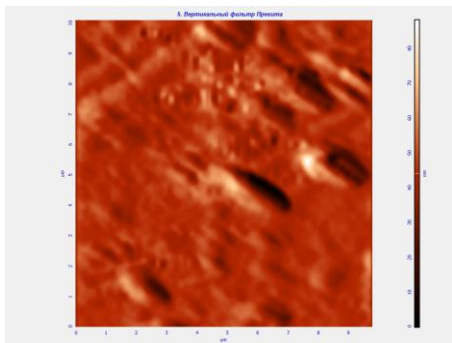


Рис.9 Оптический диск изображение после использования вертикального фильтра Превита

Здесь стоит отметить, что вертикальный фильтр Превита производит дифференцирование в горизонтальном направлении (по оси X) и усреднение в вертикальном (по оси Y). Также он выделяет границы объектов, расположенные в вертикальном направлении. На рис.8 мы видим объекты похожие на доменные структуры, возможно именно эти структуры показывают места, где происходила запись файла.

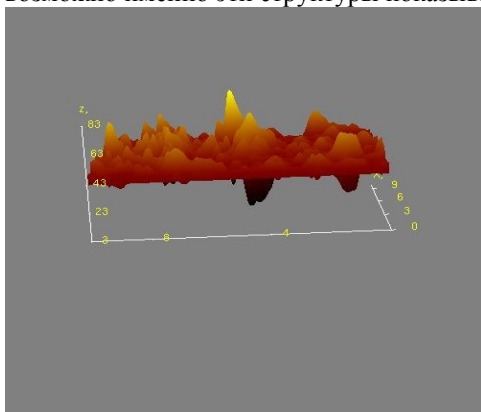


Рис.10 Оптический диск 3D-изображение после использования фильтра сглаживание 3x3, однородный 5x5, вертикального фильтра Превита.

На 3D-изображении (рис.10) мы, что данные структуры выделены соответствующими пиками. Средняя толщина 18-20 нм.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были изучены методы сканирующей зондовой микроскопией на примере полуконтактного режима атомно-силовой микроскопии Наноэдюкатора 2. Был исследован образец оптического диска размером 10×10 мм. Построена резонансная кривая, выбраны параметры сканирования и область сканирования 10×10 мкм. Мы получили АСМ-изображения рельефа поверхности исследуемого материала и обработали их, применяя различные фильтры. Мы наглядно увидели, как можно убрать из АСМ-дефекты связанные с царапинами на образце. Мы также получили 3D изображение исследуемого участка с использованием фильтров.

#### ***Критерии оценки (в баллах) лабораторной работы № 1:***

Критерии оценки (в баллах):

- 15 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно и без ошибок ;
- 10-14 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно и с незначительными ошибками
- 3-9 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно, но допущены ошибки при анализе и интерпретации результатов
- 1-3 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по требованиям, но неаккуратно и допущены ошибки;
- 0 баллов выставляется студенту, если отчет не выполнен.

#### ***Критерии оценки (в баллах) лабораторной работы № 2(№3):***

Критерии оценки (в баллах):

- 10 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно и без ошибок ;
- 5-9 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно и с незначительными ошибками
- 3-5 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно, но допущены ошибки при анализе и интерпретации результатов
- 1-3 баллов выставляется студенту, если отчет выполнен по требованиям, но неаккуратно и допущены ошибки;
- 0 баллов выставляется студенту, если отчет не выполнен.

### **4.3 Рейтинг-план дисциплины**

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

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

### **Основная литература.**

- 1.Бахтизин Р.З., Галлямов Р.Р. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии. Учебное пособие, Уфа РИО, 2003, 82 с – [ 100 экз]
- 2.Вознесенский, Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 184 с. : табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882- 1545-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428294> (26.03.2019)

### **Дополнительная литература:**

1. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. М.: Наука, 2006, с.453. – Научная электронная библиотека ELIBRARY ID:19450689, [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
- 2.Руководство пользователя Solver P47. ЗАО НТ-МДТ, г.Зеленоград, 2014, — Доступ к тексту электронного издания возможен через сайт <https://www.ntmdt-si.ru/>
- 3.Филимонова, Н.И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия : учебное пособие / Н.И. Филимонова, Б.Б. Кольцов. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. I. - 134 с. - ISBN 978-5-7782-2158-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943> (26.03.2019).



5. Сканирующая зондовая микроскопия [Электронный ресурс]: лабораторная работа № 2. Принципы работы атомно-силового микроскопа и сканирующего туннельного микроскопа (для студентов направления «Радиофизика» физико-технического института) / Башкирский государственный университет; сост. Т. И. Шарипов. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. — Электрон. версия печ. публикации. — Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ. — <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/read/Sharipov\\_sost\\_Skan\\_zond\\_mikroskopija\\_lab\\_2\\_2016.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/read/Sharipov_sost_Skan_zond_mikroskopija_lab_2_2016.pdf)>.

## 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
3. Электронная библиотека диссертаций РГБ <http://diss.rsl.ru/>

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

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

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, ауд.318: (физмат корпус – учебное) 2. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: (физмат корпус – учебное)</i>	Лекции	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор	1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.
<i>учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, Научно-образовательный центр нанофизики и нанотехнологий л.312 (физмат корпус – учебное)</i>	Лабораторные работы	1. Монитор BengSE2241, 21.5” TFT, glossyblak, инв.№ 000000017807. 2. Измерительный модуль для нанолаборатории SFV01, инв.№ 000002101048146. 3. Картотека. ШК-4, 4 ящика, замок, инв. № 000001101062309. 4. Компьютер (ноутбук) ARBYTE 164C/P4-	1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная.



	<p>2.8/512/60/DVD-CDRW/GF4-64MB/WINXP, инв.№ 000001101043134.</p> <p>5. Компьютер в составе: монитор, клавиатура, мышь (логитек), инв. № 000002101048113.</p> <p>6. Копировальный аппарат (цифр) MITA KM 1500, инв. № 000001101043092.</p> <p>7. Мультимедиа проектор HitachiCPS 235, инв. № 000001101043518.</p> <p>8. НоутбукAser Aspire E1-571G-52454G50M nks 15.6" i5 wifi, sam. MS Win7, инв.№ 210134000000224.</p> <p>9. Осциллограф ОСУ-10, инв. № 000002101043309.</p> <p>10. Осциллограф С-1-220 (20МГц, 2 кан.), инв.№ 000002101043305.</p> <p>11. Пирометр (измеритель температуры) Centre-352, инв.№ 000001101044081.</p> <p>12. Принтер KJOCERAFC-920, инв.№ 000001101043454.</p> <p>13. Принтер HPLaserJet 1100, инв. № 000002101040809.</p> <p>14. Принтер HPLaserJet P1102, инв. № 210134000000227.</p> <p>15. Принтерцветной HP Color Laser Jet Pro CP1525nw, инв. № 210134000000226.</p> <p>16. СистемныйблоккомпьютераCel etron 2.4/ASUStec P4S800/CDRW Sony/512Mb/3.5"/80Gb/ATX, ИНВ. № 000001101043488.</p> <p>17. Сканер HP Scan Jet G3110 (CCD, A4, color, 4800dpi, USB2.0, 35мм слайдер-адаптер), тнв. № 000002101048117.</p> <p>18. Сканирующий мультимодовый зондовыймикроскоп SolverP47, инв. № 000002101040804.</p> <p>19. Телевизор LED 42" (106 см.)45, LM3400 (3D, FHD, 1980*1080, USB), инв.№ 210134000000222.</p> <p>20. Холодильник «Саратов-1614М», инв.№ 000002101040876.</p> <p>21. Цифровая камера SonyAlphaSLT-A37K 18-55mm, инв. № 210134000000221.</p> <p>22. Экран на штативе 150*150, инв. № 000001101043507.</p> <p>23. Источник питания ВИП-009, инв.№ 000001101040694.</p> <p>24. Мультиметр MY64, инв.№ 000000000001082.</p>	<p>Договор № 114 от 12.11.2014</p>
--	---	------------------------------------

		<p>25. подставка под системный блок, инв. № 000002101068434.</p> <p>26. Портрет, инв. № 000000000001364.</p> <p>27. Прибор Щ-4300, инв.№ 000001101041617.</p> <p>28. Стенд универсальный «ОАВТ», инв. № 000001101041672.</p> <p>29. Стенд универсальный «ОАВТ», инв. № 000001101041667.</p> <p>30. Стол универсальный СУ 126, инв. № 000001101062314.</p> <p>31. Ноутбук pG62-b11ER/DVD-RW/WiFi/BT/Cam/Win7НВ/15.6”/2.56 кг., инв.№ 000002101048116</p> <p>32. Зондовая нанолaborатория ИНТЕГРА- АУРА.</p> <p>33. Огнетушитель порошковый закачной ОП-8 (з), (10л., 8 кг.), инв. № ИСПР00013412.</p>	
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, л.118 (физмат корпус – учебное)	Лабораторные работы	Учебная мебель, комплекс лаборатории изучение наноиндикатора (класс по изучению нанoeлектроники)	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professiona 1 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014</p>
Читальный зал №1 (главный корпус)	Самостоятельная работа	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professiona 1 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014</p>
Читальный зал №2 (физмат корпус- учебное)	Самостоятельная работа	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professiona 1 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Сканирующая зондовая микроскопия» на 8 семестр  
 (наименование дисциплины)

дневная  
 форма обучения

8-й семестр

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	144/4
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	45,2
лекции	22
лабораторных	22
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	73
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	25,8

Форма контроля:

экзамен \_\_\_ 8 \_\_\_ семестр

Таблица 3

## 3 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)			Основная и дополните льная литература, рекомендуе мая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Форма контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ЛБ	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль 1 «Сканирующая зондовая микроскопия. Виды. Принцип работы»							
1.	История создания сканирующих микроскопов.	1		4	[ 1] [2]	[ 3]	Письменная контрольная работа № 1
2.	Виды и типы сканирующих зондовых микроскопов.	2	-	6	[ 2]	[ 1-4]	Письменная контрольная работа № 1
3	Принцип работы СЗМ.	2		4	[ 1,3] [2]	[1-4]	Допуск к лабораторной работе, подготовка образца
4	Что такое кантилевер ?	2		4	[ 1-3]	[1-4]	Выполнение лабораторной работы № 1 и защита
5.	Выбор режима сканирования ?	2		4	[ 1,3]	[ 3]	Письменная контрольная работа № 1
6	Как работает микроскоп при контактном режиме сканирования ?	2		4	[ 1-3]	[1-4]	Письменная контрольная работа № 1

7	Как работает микроскоп при полуконтактном режиме сканирования ?	1		4	[ 1,3]	[ 3]	Письменная контрольная работа № 1
8	Как работает микроскоп при бесконтактном режиме сканирования ?	2		4	[ 1-3]	[1-4]	Письменная контрольная работа № 1
Модуль 2. Применение СЗМ для исследований.							
9	Выбор подложки для нанесения образца.	1		4	[ 1,3]	[ 3,4]	Письменная контрольная работа № 2
10	Методики подготовки образцов.	1	2	6	[ 1-3]	[1-4]	Письменная контрольная работа № 2
11	Результаты сканирования и их обработка ?	1	4	4	[ 1-3]	[1-4]	Выполнение лабораторной работы № 1 и защита
12	Программы обработки СЗМ изображений.	1		5	[ 1-3]	[1-4]	Допуск к лабораторной работе, подготовка образца
B13	Что представляет собой 2 D СЗМ-изображение ?	1		4	[ 1-3]	[1-4]	Выполнение лабораторной работы № 2 и защита
14	Что представляет собой 3 D СЗМ-изображение ?	1		4	[ 1-3]	[1-4]	Выполнение лабораторной работы № 2 и защита
15	Сканирующий туннельный микроскоп, методики исследований, режимы сканирования, обработка	1	4	6	[ 1-3]	[1-4]	Допуск к лабораторной работе, подготовка образца  Выполнение

	полученных изображений		4				лабораторной работы № 3 и защита
16	Атомно-силовой микроскоп, методики исследований, режимы сканирования, обработка полученных изображений	1	4	6	[ 1-3]	[1-4]	Выполнение лабораторной работы № 3 и защита
		22	4	73			
		22	22	73			

Рейтинг-планы /модуля/ дисциплины.

Модуль /дисциплина «Сканирующая зондовая микроскопия»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика», профиль «Медицинская физика»

курс 4, семестр 8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 «Сканирующая зондовая микроскопия. Виды. Принцип работы»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Допуск и защита лабораторной работы №1	15	1	0	15
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа №1	10	2	0	20
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Модуль 2. Применение СЗМ для исследований.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Допуск и защита лабораторных работ № 2 и № 3	10	2	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа №2	5	3	0	15
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие в олимпиадах по общей физике			0	10
<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			0	-6
2. Посещение практических занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен/	12 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 24 б.	<b>30</b>
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	

