



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол от «05» июня 2018 г. №7  
Зав. кафедрой  / Салихов Р.Б.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ  
 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

*(наименование дисциплины)*

Базовая дисциплина

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

Направление подготовки (специальность)

**11.03.04 электроника и нанoeлектроника,**

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки


«Электронные приборы и устройства»

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

**бакалавр**

*(указывается квалификация)*

<p>Разработчик (составитель) профессор, д.ф.-м.н., <i>(должность, ученая степень, ученое звание)</i></p>	<p> / Юмагузин Ю.М. <i>(подпись, Фамилия И.О.)</i></p>
--	--

Для приема: 2018 г.

Уфа 2018г.

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

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и нанoeлектроники, протокол № 7 от «5» июня 2018  
г.

Заведующий кафедрой



/ Салихов Р.Б. /

### Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и 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. <i>Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)</i>	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 «Сканирующая зондовая микроскопия» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

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-5	
	2. Знать физические основы методов сканирующей зондовой микроскопии	ОПК-7	
	3. Знать и уметь интерпретировать получаемые изображения и данные исследований для различных методик сканирующей зондовой микроскопии	ПК-1	
Умения	1. Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	ОПК-5, ОПК-7	
	2. Умение выбирать подходящую методику СЗМ для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	ПК-1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.	ОПК-5, ОПК-7	
	2. Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	ПК-1	

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

Дисциплина «Сканирующая зондовая микроскопия» относится к *обязательной* части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 4\_курсе в 8 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 «Сканирующая зондовая микроскопия» заканчивает цикл дисциплин «Общая физика», в которых рассматриваются, в основном, классические представления физики, 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 «Сканирующая зондовая микроскопия» 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 «Сканирующая зондовая микроскопия» заканчивает цикл специальных дисциплин «Вакуумная и плазменная электроника», «Физика конденсированного состояния» 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 «Сканирующая зондовая микроскопия» 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-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»

	заданного уровня освоения компетенций)		
Первый этап (знания)	Знать основные характеристики и параметры поверхности твердых тел	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины
Второй этап (умения)	Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик сканирующей зондовой микроскопии и решение элементарных и современных проблем, связанных с областью микроскопии	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик сканирующей зондовой микроскопии и решение элементарных и современных проблем, связанных с областью микроскопии
Третий этап (владение навыками)	Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.	Отсутствие владения или фрагментарное владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами сканирующей зондовой микроскопии	В целом успешное (возможно не систематическое) владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами сканирующей зондовой микроскопии .

ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (знания)	Знать физические основы методов сканирующей зондовой микроскопии	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины
Второй этап (умения)	Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик сканирующей зондовой микроскопии и решение элементарных и современных проблем, связанных с областью микроскопии	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик сканирующей зондовой микроскопии и решение элементарных и современных проблем, связанных с областью микроскопии
Третий этап (владение навыками)	Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них	Отсутствие владения или фрагментарное владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе	В целом успешное (возможно не систематическое) владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами сканирующей зондовой микроскопии .

	с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.	методами сканирующей зондовой микроскопии	
--	---	---	--

ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (знания)	Знать и уметь интерпретировать получаемые изображения и данные исследований для различных методик сканирующей зондовой микроскопии	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины
Второй этап (умения)	Умение выбирать подходящую методику СЗМ для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик сканирующей зондовой микроскопии и решение элементарных и современных проблем, связанных с областью микроскопии	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик сканирующей зондовой микроскопии и решение элементарных и современных проблем, связанных с областью микроскопии
Третий этап (владение навыками)	Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	Отсутствие владения или фрагментарное владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами сканирующей зондовой микроскопии	В целом успешное (возможно не систематическое) владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами сканирующей зондовой микроскопии .

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 зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

для зачета:

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

**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 основные характеристики и параметры поверхности твердых тел	ОПК-5	Лабораторная работа , коллоквиум
	2. Знать физические основы методов сканирующей зондовой микроскопии	ОПК-7	
	3. Знать и уметь интерпретировать получаемые изображения и данные исследований для различных методик сканирующей зондовой микроскопии	ПК-1	
2-й этап Умения	1. Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	ОПК-5, ОПК-7	Лабораторная работа , коллоквиум
	2. Умение выбирать подходящую методику СЗМ для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	ПК-1	
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.	ОПК-5, ОПК-7	Лабораторная работа , коллоквиум
	2. Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	ПК-1	

**4.3 Рейтинг-план дисциплины**

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

**Устный опрос**

**Тема №1**

1. Упругость твердых тел, упругая сила.

**Тема №2**

1. Магнитные свойства материалов

...

**Критерии оценки (в баллах)**

- 0 баллов выставляется студенту, если студент отказывается от ответа, не знает материал;
- 1 балл выставляется студенту, если ответ студента неполный, демонстрирующий поверхностное знание и понимание материала;
- 3 балла выставляется студенту, если ответ студента полный, развернутый с некоторыми несущественными погрешностями;
- 5 балла выставляется студенту, если ответ студента полный, развернутый, показана совокупность глубоких, осмысленных системных знаний объекта и предмета изучения.



## Темы лабораторных работ

Лабораторная работа №1. «Векторная литография»

Лабораторная работа №2. «Растровая литография»

Пример лабораторной работы:

### Лабораторная работа 1 «Векторная литография»

Процесс векторной литографии заключается в воздействии на поверхность образца в процессе перемещения зонда по заранее выбранному векторному шаблону.

Перед проведением векторной литографии выбирают область проведения литографии, а также задают векторный шаблон, состоящий из объектов литографии.

При движении зонда к начальной точке шаблона, а также между объектами шаблона литографии, величина воздействия на образец равна значению Рабочей точки.

Время проведения литографии зависит от скорости движения зонда. Значение скорости задается в поле ввода Скор дополнительной панели.

В программе NanoEducator 2 существует четыре метода проведения векторной литографии:

- Простая векторная литография
- Градиентная литография
- Импульсная литография
- Импульсно-градиентная литография

Далее приведено подробное описание перечисленных выше методов проведения векторной литографии.

#### Простая векторная литография

Приведенный ниже рисунок иллюстрирует воздействие на образец при проведении простой векторной литографии.

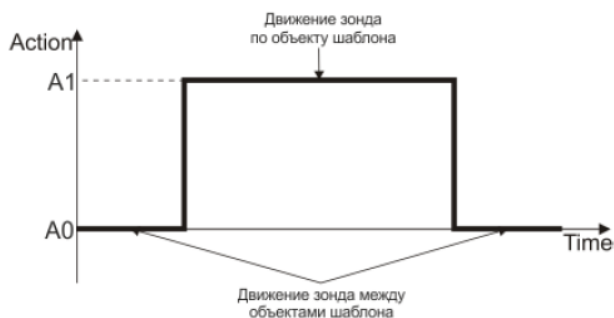


Рис. 1. Воздействие на образец при проведении простой векторной литографии

При проведении простой векторной литографии величина воздействия зонда на поверхность образца является постоянной. Величина воздействия  $A1$  задается в поле Воздействие 1 Панели управления.

#### Градиентная литография

Приведенный ниже рисунок иллюстрирует процесс градиентной литографии.



Рис. 2. Процесс проведения градиентной литографии

При проведении градиентной литографии величина воздействия зонда на поверхность образца изменяется линейно в заданном диапазоне значений.

Минимальная величина воздействия  $A1$  задается в поле ввода **Воздействие 1**, максимальная величина воздействия  $A2$  в поле **Воздействие 2** Панели управления.

#### Импульсная литография

Приведенный ниже рисунок иллюстрирует процесс импульсной литографии.

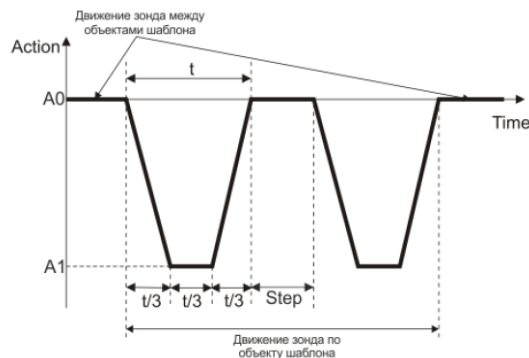


Рис. 3 Процесс проведения импульсной литографии

При проведении импульсной литографии воздействие зонда на поверхность образца осуществляется в виде импульсов с заданной величиной воздействия.

Величина воздействия  $A1$  задается в поле **Воздействие 1**, расположенном на панели управления вкладки **Литография**. Форма импульсов может быть выбрана в зависимости от задач пользователя.

Величина шага между импульсами задается в поле ввода **Шаг** на дополнительной панели.

В поле **Импульс** задается время каждого импульса  $t$  в мс (см. Рисунок ниже). Форма импульса выбирается из раскрывающегося списка, расположенного справа от поля ввода **Импульс**.

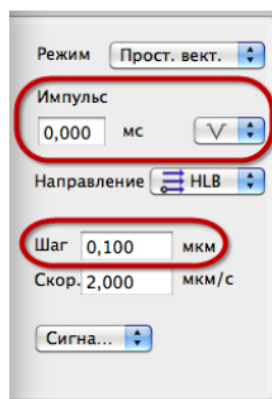


Рис. 114. Задание параметров импульса

В зависимости от выбранной формы импульса время каждого импульса делится следующим образом:

1) Форма импульса . Общее время импульса  $t$  делится на два равных интервала. Изначально величина воздействия на образец –  $A0$ . За время  $t/2$  величина воздействия на образец достигает значения  $A1$ , далее за время  $t/2$  величина воздействия достигнет своего первоначального значения  $A0$ .

2) Форма импульса . При данной форме импульса величина воздействия на образец мгновенно достигает значения  $A1$  и остается постоянной в течение времени  $t$ . По окончании времени  $t$  воздействие на образец возвращается к значению  $A0$ .

3) Форма импульса . Общее время импульса  $t$  делится на три равных интервала (см. Рисунок выше). Изначально величина воздействия на образец –  $A0$ . За время  $t/3$  величина воздействия на образец линейно достигает значения  $A1$  и остается постоянной в течение времени  $t/3$ . Далее за время  $t/3$  величина воздействия линейно достигает своего первоначального значения  $A0$ .

.....

#### Критерии оценки (в баллах)

Приведен полностью правильно оформленный отчет, включающий правильные ответы на контрольные вопросы, правильно решенные задания и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов 5 балла

Дан правильно оформленный отчет, включающий правильные ответы на контрольные вопросы, но в решении заданий имеются один или несколько недостатков  
 Нет правильно оформленного отчета

3 балла

0 баллов

### Вопросы для коллоквиума

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

### Критерии оценки (в баллах)

Приведен полностью правильный ответ на вопрос, включающий исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов 2 балла

Дан правильный ответ на вопрос, но в рассуждении имеются один или несколько недостатков 1 балл

Нет правильного ответа 0 баллов

## Участие в конференциях, публикация статей

### 1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0,1
	Работа носит исследовательский характер	0,3
	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0,1
	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

### 2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала - 1 балл  
 Новизна и самостоятельность при постановке проблемы - 1 балл

Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

## 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. <http://www.ntmdt.ru/>
2. <http://www.openrasmol.org/>, <http://www.rasmol.org/>

3	Электронно-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	<a href="https://elib.bashedu.ru/">https://elib.bashedu.ru/</a>
4	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="http://www.biblioclub.ru/">http://www.biblioclub.ru/</a>
5	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>

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

Таблица 5

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
<p><b>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория 324 (физико-технический корпус учебное ).</p>	<p>Лекции</p>	<p>1. Проектор BenQ Projector PB7.210 (DIP, 1024*768, D-sub, RCA, S-Video,Component, USB,) №000001101043472, экран настенный с электроприводом Classic Lyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W) №21013400000770, ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг №000002101048672                  2. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия- OLP NL Academic Edition. Бессрочная.                  3. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p>
<p><b>учебная аудитория для консультирования и промежуточной аттестации:</b> аудитория 324 (физико-математический корпус учебное</p>	<p>Консультация</p>	<p>1. Проектор BenQ Projector PB7.210 (DIP, 1024*768, D-sub, RCA, S-Video,Component, USB,) №000001101043472, экран настенный с электроприводом Classic Lyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W) №21013400000770, ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг №000002101048672                  2. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия- OLP NL Academic Edition. Бессрочная.                  3. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p>
<p><b>учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа:</b> аудитория № 118 (физико-технический корпус учебное ).</p>	<p>Лабораторная работа</p>	<p>1. Учебная мебель, комплекс лаборатории изучение наноиндикатора (класс по изучению наноэлектроник )                  2. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия- OLP NL Academic Edition. Бессрочная.                  3. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p>
<p><b>помещения для самостоятельной работы:</b> Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж).</p>	<p>Самостоятельная работа</p>	<p>1. Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.                  2. indows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия- OLP NL Academic Edition. Бессрочная.                  3. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p>

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

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

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

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	56,2
лекций	22
практических/ семинарских	
лабораторных	34
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	87,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма контроля:

зачет 8 семестр

Таблица 3

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая 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	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Модуль 1: Техника сканирующей зондовой микроскопии</b>								
1.	<b>Введение.</b> Техника сканирующей зондовой микроскопии. 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	3		4	11	[1]; [2], Введение	Электрические свойства диэлектриков. Пьезоэлектричество. Сегнетоэлектрики. [1]	Выполнение и защита отчета по лабораторным работам
2.	Формирование и обработка СЗМ изображений. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера. Фильтрация СЗМ изображений. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению	2		4	11	2, § 1.1-1.4 3 (с.60-69) 4, гл.2	Электромагнитная индукция. Электродвигатели. Упругость твердых тел, упругая сила. [2] § 1.5, 1.6	Выполнение и защита отчета по лабораторным работам
<b>Модуль 2. Сканирующая туннельная микроскопия</b>								
5	Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение локальной работы выхода в СТМ. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта.	3		4	11	2, § 4.1-4.7 3, гл. 3 4, гл.5 [2], Л. р. № 3	Квантово-механическое представление о туннелировании электронов. Полевая электронная эмиссия.	Защита отчета
6	ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник. Туннельная спектроскопия Система управления сканирующего туннельного	2		4	11	2, § 5.1-5.3 3, гл. 3 4, гл.5 [2], Л. р. № 5,8	Работа выхода электронов. Электронная структура поверхности. 2, § 3.7, 3.8	Коллоквиум

	микроскопа. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов.							
<b>Модуль 3. Атомно-силовая, электро- и магнитно-силовая микроскопия</b>								
3.	Атомно-иловая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом.	3		4	11	2, § 2, 3.1-3.6, 3.9 3, гл. 3 4, гл.5 [2], Л. р. № 2	Ван-дер-Ваальсовы силы взаимодействия. Упругость твердых тел, упругая сила.	Выполнение и защита отчета по лабораторным работам
4	Система управления АСМ при работе кантилевера в контактном режиме. Колебательные методики АСМ, вынужденные колебания кантилевера. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ.	3		4	11	[2], Л. р. № 1	Свободные и вынужденные колебания. Способы цифровой фильтрации. Фурье преобразование – прямое и обратное.	Выполнение и защита отчета по лабораторным работам
7	Электросиловая микроскопия (ЭСМ). Принцип работы ЭСМ. Двухпроходная методика. Магнитно-силовая микроскопия (МСМ). Квазистатические методики МСМ, колебательные методики МСМ. Система управления АСМ, ЭСМ, МСМ (колебательные методики).	3		5	11	2, § 6.1-6.3 [2], Л. р. № 4	Физика поверхности, диполи, зарядовое состояние поверхности. Ферромагнетики	Защита отчета
8	Ближнепольная оптическая микроскопия (БОМ). Зонды БОМ на основе оптического волокна. Конфигурации БОМ.	3		5	10,8	2, § 8.1-8.4 [2], Л. р. № 7	Разрешение в оптических микроскопах. Дифракция света. Когерентность.	Коллоквиум
	<b>Всего часов:</b>	<b>22</b>		<b>34</b>	<b>87,8</b>			



## Рейтинг – план дисциплины

«Сканирующая зондовая микроскопия»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Электроника и наноэлектроника», направленность (профиль) «Электронные приборы и устройства»

курс 4, семестр 8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1.</b>			<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Выполнение и защита отчета по лабораторным работам	5	1	0	5
Устный опрос	5	4		20
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Коллоквиум	2	5	0	25
<b>Модуль 2.</b>			<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
Выполнение и защита отчета по лабораторным работам	5	1	0	5
Устный опрос	5	4		20
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Коллоквиум	2	5	0	<b>25</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических (семинарских занятий)			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Зачет (дифференцированный зачет)				