

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 № 8 от 01.06. 2020 г.

Согласовано:  
Председатель УМК физико-  
технического института

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Салихов Р.Б.

\_\_\_\_\_/Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина МЕТОДЫ МИКРО- И НАНОДИАГНОСТИКИ

*(наименование дисциплины)*

Часть, формируемая участниками образовательных отношений

*(указать часть (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений))*

**программа бакалавриата**

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)*

Разработчик (составитель)

Профессор, д.ф.-м. н., профессор

*(должность, ученая степень, ученое звание)*

\_\_\_\_\_/Салихов Р.Б.  
*(подпись/ Ф.И.О.)*

Для приема 2020 г.  
Уфа - 2020г.

Составитель / составители: Профессор, д.ф.-м. н., профессор Салихов Р.Б.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и нанoeлектроники протокол № 8 от 01.06. 2020 г.

Заведующий кафедрой  / Салихов Р.Б./

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
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
  - 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
  - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<p>УК-1.1. Знать физические принципы просвечивающей и растровой электронной микроскопии, физические принципы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ); основы физики взаимодействия локальных зондов различных типов (туннельного, атомно-силового, магнитно-силового и оптического зонда ближнего поля и др.) с поверхностью исследуемых материалов; устройство, принцип работы и особенности конструкции просвечивающих и растровых электронных микроскопов различных типов; устройство, принцип работы и особенности конструкции зондовых микроскопов различных типов;</p> <p>УК-1.2. Уметь решать материаловедческие задачи, самостоятельно осваивать и грамотно применять новые методики для исследования в области физики поверхности и тонких пленок;</p> <p>УК-1.3. Владеть стандартной терминологией, определениями и обозначениями; методами обоснованного выбора исследовательской методики, оценкой эффективности ее применения и адекватности поставленной конкретной задаче;</p>
	ПК-2. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	<p>ПК-2.1. Знать возможности различных методик для исследования разнообразных свойств поверхности твердых тел и тонких пленок; возможные артефакты и методы их учета или устранения в ходе получения данных с помощью методов микро- и нанодиагностики, методы обработки и анализа данных, получаемых с помощью методов микро- и нанодиагностики, тенденции в изготовлении новых зондов и развитии новых методов микро- и нанодиагностики.</p> <p>ПК-2.2. Уметь самостоятельно выбирать методы и объекты исследований; находить и анализировать нужную научно-техническую информацию.</p> <p>ПК-2.3. Владеть методами анализа и оценки полученных результатов, умением аргументировано делать выводы и принимать решения на основе проведенного исследования.</p>

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

Дисциплина «Методы микро- и нанодиагностики» относится к выборочной части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре.

Цели изучения дисциплины: является подготовка специалистов, владеющих основами современных методов просвечивающей и растровой электронной, сканирующей зондовой микроскопии, имеющих представления об их возможностях для исследования разнообразных свойств поверхностей и пленок твердых тел; о современных достижениях и тенденциях в изготовлении просвечивающих и растровых электронных, сканирующих зондовых микроскопов и их применении в нанотехнологиях, метрологии и микроэлектронике.

Данный курс предназначен для студентов направления 210100 «Электроника и наноэлектроника». Курс «Методы микро- и нанодиагностики» дает информацию о теоретических основах просвечивающей и растровой электронной, сканирующей зондовой микроскопии, устройствах и принципах работы основных видов электронных и сканирующих зондовых микроскопов. Знакомит с практическими методами электронной и зондовой микроскопии, а также возможностью использования данных оборудования для актуальных задач нанотехнологии и наноматериалов. Поэтому, изучение дисциплины является одним из необходимых элементов подготовки специалистов по данному направлению.

По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с «Общая физика», «Физика твёрдого тела», «Химия», «Математика», «Информатика», «Теоретическая физика», «Методы математической физики».

Знания, полученные в результате освоения курса «Методы микро- и нанодиагностики» позволяет использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

### 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:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Индикатор достижения компетенции (с кодом) УК-1.1. Знать физические принципы просвечивающей и растровой электронной микроско-	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и мето-	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации

<p>пии, физические принципы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ); основы физики взаимодействия локальных зондов различных типов (туннельного, атомно-силового, магнитно-силового и оптического зонда ближнего поля и др.) с поверхностью исследуемых материалов; устройство, принцип работы и особенности конструкции просвечивающих и растровых электронных микроскопов различных типов; устройство, принцип работы и особенности конструкции зондовых микроскопов различных типов;</p>			<p>ды организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.</p>	<p>деловой коммуникации на русском и иностранном языках.</p>
<p>УК-1.2. Уметь решать материаловедческие задачи, самостоятельно осваивать и грамотно применять новые методики для исследования в области физики поверхности и тонких пленок;</p>	<p>Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу</p>	<p>Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач</p>	<p>Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач</p>	<p>Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач</p>
<p>УК-1.3. Владеть стандартной терминологией, определениями и обозначениями; методами обоснованного выбора исследовательской методики, оценкой эффективности ее применения и адекватности поставленной конкретной задаче;</p>	<p>Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач</p>	<p>Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач</p>	<p>Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач</p>	<p>Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач</p>

--	--	--	--	--

ПК-2- Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-2.1. Знать возможности различных методик для исследования разнообразных свойств поверхности твердых тел и тонких пленок; возможные артефакты и методы их учета или устранения в ходе получения данных с помощью методов микро- и нанодиагностики, методы обработки и анализа данных, получаемых с помощью методов микро- и нанодиагностики, тенденции в изготовлении новых зондов и развитии новых методов микро- и нанодиагностики.	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
ПК-2.2. Уметь самостоятельно выбирать методы и объекты исследований; находить и анализировать нужную научно-техническую информацию.	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
ПК-2.3.	Не способен рабо-	Способен работать с	Владеет спо-	Владеет навыками

Владеть методами анализа и оценки полученных результатов, умением аргументировано делать выводы и принимать решения на основе проведенного исследования.	работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач
--	--	---	--	--

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).

#### **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**

Компетенция (с указанием кода)	Результаты обучения <i>Индикатор достижения компетенции (с кодом)</i>	Оценочные средства
УК-1- Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знать физические принципы просвечивающей и растровой электронной микроскопии, физические принципы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ); основы физики взаимодействия локальных зондов различных типов (туннельного, атомно-силового, магнитно-силового и оптического зонда ближнего поля и др.) с поверхностью исследуемых материа-	Устный опрос, отчет лабораторной работы; коллоквиум, экзамен



	<p>лов; устройство, принцип работы и особенности конструкции просвечивающих и растровых электронных микроскопов различных типов; устройство, принцип работы и особенности конструкции зондовых микроскопов различных типов;</p>	
	<p>УК-1.2. Уметь решать материаловедческие задачи, самостоятельно осваивать и грамотно применять новые методики для исследования в области физики поверхности и тонких пленок;</p>	
	<p>УК-1.3. Владеть стандартной терминологией, определениями и обозначениями; методами обоснованного выбора исследовательской методики, оценкой эффективности ее применения и адекватности поставленной конкретной задаче;</p>	
<p>ПК-2- Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</p>	<p>ПК-2.1. Знать возможности различных методик для исследования разнообразных свойств поверхности твердых тел и тонких пленок; возможные артефакты и методы их учета или устранения в ходе получения данных с помощью методов микро- и нанодиагностики, методы обработки и анализа данных, получаемых с помощью методов микро- и нанодиагностики, тенденции в изготовлении новых зондов и развитии новых методов микро- и нанодиагностики.</p>	<p>Устный опрос, отчет лабораторной работы; коллоквиум, экзамен</p>
	<p>ПК-2.2. Уметь самостоятельно выбирать методы и объекты исследований; находить и анализировать нужную научно-техническую информацию.</p>	
	<p>ПК-2.3. Владеть методами анализа и оценки полученных результатов, умением аргументировано делать выводы и принимать решения на основе проведенного исследования.</p>	

#### 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*

Рейтинг-план дисциплины представлен в приложении 2.

## Экзаменационные билеты

Примерные вопросы для экзамена:

1. Особенности получения атомарного разрешения с помощью РЭМ.
2. Основные принципы работы электронных микроскопов.
3. Исследование поверхности методами электронной микроскопии (на срезе). Особенности подготовки образцов для сканирования в РЭМ.
4. Рентгеноспектральный микроанализ. Основные принципы работы рентгеноспектрального микроанализатора.
5. Влияние эффекта «груши» на рентгеноспектральный микроанализ при высоких и низких ускоряющих напряжениях.
6. Основные отличия между РЭМ и ПЭМ. Особенности подготовки образцов для сканирования в РЭМ и ПЭМ.
7. Устройство и физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ).
8. Вольт-амперная характеристика туннельного контакта металл-вакуум-металл. Формула Симмонса. Приближение малых напряжений, автоэлектронная эмиссия, промежуточный случай.
9. Сканирующая туннельная спектроскопия. Спектроскопия свободных и заполненных состояний. V-модуляция.
10. Эффект кулоновской блокады туннелирования в СТМ.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

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.

для зачета:

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

### **Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### **Примерные вопросы к коллоквиуму**

Студент письменно отвечает на вопросы. Коллоквиум рассчитан на 45 минут, состоит из 3 вопросов. Каждый оценивается на 5 баллов

1. Исследование поверхности методами электронной микроскопии (на срезе). Особенности подготовки образцов для сканирования в РЭМ.
2. Устройство и физические основы работы оптико-механического атомно-силового сенсора в контактном режиме.
3. Определение рельефа поверхности с помощью метода фиксирования отраженных электронов. Схема растрового электронного микроскопа.

#### Критерии оценки (в баллах)

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	5 балл
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но имеются один или несколько недочетов	3 баллов
Нет правильного ответа	0 баллов

#### Примерная лабораторная работа

Описание лабораторной работы.

Исследование работы регистров

**Цель работы:** научиться создавать пользовательские макромодели компонентов (регистр сдвига), при помощи Редактора Форм (Shape Editor) и Редактора Компонентов (Component Editor). А также использовать созданные макромодели в схемах.

#### Теоретические сведения:

Регистром называется последовательное устройство, предназначенное для записи, хранения и (или) сдвига информации, представленной в виде многоразрядного двоичного кода. Сдвигающий (параллельный) регистр является, как правило, универсальным и может выполнять все доступные для регистров операции. Для этого разрядные схемы, входящие в его состав соединены между собой. Количество разрядных схем определяет разрядность регистра. Сдвигающий регистр на каждом тактовом импульсе принимает одну новую цифру, сдвигая ранее запомненные цифры на один разряд, чтобы поместить новую.

#### Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Собрать схему по рис. 1а), где U1, U2, U3, U4, U5 – D-триггеры с динамическим управлением, т.е. триггер с положительным фронтом срабатывания и низким уровнем сигнала установки и сброса (Component-Digital Primitives-Edge Triggered Flip-Flops–DFF), присвоить триггерам модель DLY\_EFF; U6, U7, U8, U9 – цифровые генераторы (Component-Digital Primitives-Stimulus Generators–Stim1), значения для задания последовательностей импульсов и импульсные последовательности изображены на рис. 2.
2. Присвоить выводам имена, нажав сначала на пиктограмму (или Ctrl+T), а потом на вывод, которому присваивается имя.
3. Проверить работу схемы по рис 1а) и удостовериться, что временные диаграммы работы собранной схемы совпадают с временными диаграммами.

#### 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. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] : сборник научных трудов / под ред. Жу У., Уанга Ж.Л. ; пер. с англ. С. А. Иванова, К. И. Домкина. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 607 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94144>.
2. Власов, А.И. Электронная микроскопия: в 17 кн. Кн. 11 [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Власов, К.А. Елсуков, И.А. Косолапов ; под. ред. В.А. Шахнова. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 168 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106504>.

#### Дополнительная литература:

1. Карпухин, С.Д. Атомно-силовая микроскопия [Электронный ресурс] / С.Д. Карпухин, Ю.А. Быков. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 38 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52243>.

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

#### Ресурсы Интернет

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
1. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресур-

сов» <http://school-collection.edu.ru/>

2. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)).
3. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
4. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

6	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>
7	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>
8	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

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
<b>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория 224 (физико-технического корпус учебное)	Лекции	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска
<b>учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа:</b> аудитория 414 (физико-технического корпус учебное)	Практические занятия	Учебная мебель, доска аудиторная, моноблок ThinkCentre (12 шт)

<p><b>помещения для самостоятельной работы:</b> Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж).</p>	<p>Самостоятельная работа</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</li> <li>2. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия- OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</li> <li>3. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</li> </ol>
--	-------------------------------	---

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
 КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Методы микро- и нанодиагностики на 8 семестре  
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины	
	8 семестр	общее
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	144	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	45,2	45,2
лекций	22	22
практических/ семинарских	0	0
лабораторных	22	22
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	64	<u>64</u>
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	35	35

Форма(ы) контроля:  
 экзамен\_8 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (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:</b>							
1.	Просвечивающая электронная микроскопия. Конструкция просвечивающего электронного микроскопа. Методы визуализации. Недостатки и ограничения, особенности применения ПЭМ.	2	-	2	8	[1]: §1.1-1.3	номера задач [3]: №	Устный опрос
2.	Физические основы растровой электронной микроскопии. Устройство и работа растрового электронного микроскопа. Технические возможности растрового электронного микроскопа.	2	-	2	8	[1]: §3.1-3.2	номера задач [3]: №	Устный опрос
3.	Физические основы зеркальной электронной микроскопии. Физические основы рентгеноспектрального микроанализа .	2	-	2	4	[1]: 3.3 [2]:	номера задач [3]: №	отчет к лаб. работе
4	Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ). Физические принципы работы сканирующего тун-	3	-	3	8	[1]: §4.7-4.8 [2]:	номера задач [3]: №	отчет к лаб. работе



	нельного (СТМ) и атомно-силового микроскопов (АСМ). Основные режимы работы СТМ и АСМ							
5	Основные методики СЗМ: туннельная спектроскопия, магнитно-силовая микроскопия, латеральная спектроскопия, оптическая микроскопия ближнего поля и др. Основные возможности методик, их достоинства и недостатки.	4	-	4	8	[1]:§ 3.2-3.4, [2]:	номера задач [3]: №	Коллоквиум
	<b>Модуль2:</b>							
6	Детали устройства сканирующих зондовых микроскопов: характеристики пьезоэлектрических материалов, сканеры, артефакты, связанные с работой сканеров и методы их учета или устранения. Принципы работы системы обратной связи (ОС) СЗМ	3	-	3	8	[1]:§ 4.1-4.3, [2]:	номера задач [3]: №	Устный опрос
7	Методы математической обработки и анализа экспериментальных данных СЗМ Артефакты изображений. Восстановление истинных изображений.	3	-	3	8	[1]:§ 4.7, 4.8 [2]:	номера задач [3]: №	отчет к лаб. работе
8	Атомные манипуляции и формирование наноструктур. Тенденции в создании новых зондов и развитии новых методик СЗМ. Примеры их применения для исследования поверхности твердых тел и тонких пленок.	3	-	3	8	[1]:§ 5.2-5.4, [2]:	номера задач [3]: №	Коллоквиум

	<b>Всего часов:</b>	22	22	-	64			
--	---------------------	----	----	---	----	--	--	--

**Рейтинг-план дисциплины****Методы микро- и нанодиагностики**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность \_\_\_\_\_ Электроника и микроэлектроника \_\_\_\_\_

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>35</b>
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
1. Отчет по лабораторным работам	10	2	0	20
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>15</b>
1. Коллоквиум	5	3	0	15
<b>Модуль2:</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
1. Отчет по лабораторным работам	2	6	0	
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>15</b>
1. Коллоквиум	5	3	0	15
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Участие в конференциях, публикация статей	10	1	0	
<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. Экзамен				30

## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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


ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине Методы микро- и нанодиагностики  
Направление 11.03.04 электроника и нанoeлектроника  
Профиль Электронные приборы и устройства

1. Основные принципы работы ПЭМ – зависимость качества сканирования от толщины образца. Получение изображений высокого разрешения в ПЭМ.
2. Эффект резонансного туннелирования в СТМ.

Заведующий кафедрой



/ Салихов Р.Б./