

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

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №6 от «7»июня 2018 г.

Согласовано:  
Председатель УМК физико- технического  
института

Зав. кафедрой



\_\_\_\_\_/Р.З. Бахтизин



\_\_\_\_\_/М.Х. Балапанов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

дисциплина "Радиофизические методы исследования твердых тел"  
(наименование дисциплины)

\_\_\_\_\_вариативная\_\_\_\_\_

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

### программа бакалавриата

Направление подготовки  
03.03.03 Радиофизика

(наименование ООП ВПО направления подготовки или специальности с указанием кода)

Профиль(и) подготовки  
Цифровые технологии обработки информации

Квалификация

\_\_\_\_\_бакалавр\_\_\_\_\_

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель)

д.ф.-м.н., проф. Бахтизин Р.З.

(уч. степень, уч. звание)



\_\_\_\_\_подпись

Для приема: 2018 г.

Уфа 2018 г

Составитель / составители: Бахтизин Р.З., д.ф.-м.н., проф. кафедры физической электроники и нанофизики БашГУ.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «7» июня 2018 г. № 6

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ / Р.З. Бахтизин /

## Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	<b>4</b>
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы; объём дисциплины	<b>6</b>
3. Содержание рабочей программы (объём дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	<b>6 (10)</b>
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	<b>6,7</b>
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	<b>6</b>
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	<b>7</b>
4.3. Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)	<b>8 (11)</b>
4.4. Список лабораторных работ	<b>8</b>
4.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	<b>8</b>
5.1. Критерии оценки знаний, умений и навыков студентов	<b>11</b>
5.2. Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)	<b>12</b>
5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	<b>13</b>

## 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:

**ОПК-1** - способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественно-научные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, астрономии, экологии, наук о земле и человеке);

**ПК-1** - компетенции, необходимые для освоения дисциплины (основной этап формирования данной 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.

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные материалы, используемые в полупроводниковой электронике, технологии их получения и области применения	<b>ОПК-1</b>	
	2. Знать основные методы измерения работы выхода и других характеристик, используемых в полупроводниковой электронике материалов	<b>ПК-1</b>	
	3. Знать приборную базу и конструкции основных устройств, используемых для определения базовых характеристик п/п материалов	<b>ПК-2</b>	
Умения	1. Использовать полученные знания для последующего изучения курсов физики конденсированного состояния, наноэлектроники и нанофизики	<b>ПК-2</b>	
	2. Разрабатывать технологические карты получения новых полупроводниковых материалов и пленочных систем	<b>ПК-1</b>	
	3. Использовать правильную терминологию, определения/обозначения/единицы измерения величин для описания характеристик полупроводниковых материалов и областей их применения	<b>ПК-2</b>	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть экспериментальными навыками по определению свойств материалов, в том числе методами электронной и фотоэлектронной спектроскопии	<b>ПК-2</b>	
	2. Владеть методиками решения задач по определению базовых характеристик тонких пленок металлов и полупроводников	<b>ПК-1</b>	

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

2.1. Дисциплина “Радиофизические методы исследования твердых тел” Б1.В.ДВ.05.01 является дисциплиной по выбору и входит в раздел «Б1.В1.ДВ.05.01» (дисциплины по выбору) ФГОС по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика». Знания, полученные в результате освоения курса “ Радиофизические методы исследования твердых тел” позволяют создавать электронные приборы и вырабатывать методы исследования новых материалов, необходимых для разработки новых электронных приборов и устройств. Поэтому изучение дисциплины является одним из необходимых элементов подготовки специалистов по данному направлению. *Цель курса*\_\_“Радиофизические методы исследования твердых тел” - теоретическая и практическая подготовка студентов, которая должна обеспечивать понимание работы современных электронных приборов, методов измерения физических величин, принципов построения, работы и путей совершенствования современных цифровых систем измерений.

2.2. Дисциплина “Радиофизические методы исследования твердых тел” одна из основных дисциплин профиля, так как без знания физико-химических характеристик материалов и протекающих в них физических процессов невозможны сознательные и эффективные подходы к разработке изделий электронной техники и к организации технологических процессов. По предмету и методам своих исследований данный курс тесно связан с физикой конденсированного состояния и физическими основами электроники и способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и инженерного подхода к оценке возможностей использования материалов в конкретных элементах и устройствах электронной техники. *Задачи курса*- закрепление знаний, фундаментальных понятий, положений и теорем курсов «Основы радиоэлектроники», «Теория электрических цепей», «Квантовой механики» и курса «ФКС» и формирование умений применять эти знания на практике для разработки новых измерительных приборов, методов диагностики поверхности твердых тел, а также обеспечение понимания студентами связи между теоретическими моделями и особенностями их практической реализации.

2.3. Место дисциплины в учебном процессе. Согласно государственному образовательному стандарту ФГОС курс Б1.В.1.ДВ.05.01 “Радиофизические методы исследования твердых тел” является дисциплиной по выбору для студентов, обучающимися по направлению 03.03.03 “Радиофизика” и изучается студентами в 5-м семестре.

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

3.1. Согласно ОП подготовки бакалавра по направлению 03.03.03\_ «Радиофизика», профиль «Цифровые технологии обработки информации» и рабочему учебному плану (РУП) по дисциплине «Радиофизические методы исследования твердых тел» отводится:

общий объем часов по дисциплине	72 (всего 2 ЗЕТ);
в том числе аудиторных часов	34;
контактных часов	34.

Разбиение общего числа часов по видам учебных занятий с указанием их объемов приведено в таблице 2

Табл. 2

Виды учебной работы	Общий объем по РУП 72
Аудиторные занятия	34

Лекции	16
Лабораторные занятия	0
Семинарские занятия	18
Самостоятельная работа студентов	34
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
Виды контроля	Зачет

#### 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-1** - способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественно-научные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, астрономии, экологии, наук о земле и человеке);

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 “Неудовл.”	3 “Удовлетв”	4 “Хорошо”	5 “Отлично”
Первый этап (начальный уровень)	Знать основы квантовой теории, уравнения движения микрочастиц, квантовые статистические распределения; границы применимости классических и квантовых моделей физических явлений; основные экспериментальные факты.	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов
Второй этап (базовый уровень)	Уметь выводить основные уравнения эмиссионной электроники (Ричардсона-Дэшмана, Фаулера, Фаулера-Нордгейма, Саха-Ленгмюра,...	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов
Третий этап (повышенный уровень)	Владеть навыками использования основных уравнений эмиссионной электроники для описания результатов экспериментов	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов

**ПК-1** - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 “Неудовл.”	3 “Удовлетв”	4 “Хорошо”	5 “Отлично”
Первый этап (начальный уровень)	Знать основы квантовой теории, уравнения движения микрочастиц, квантовые статистические распределения; границы применимости класси-	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов

	ческих и квантовых моделей физических явлений; основные экспериментальные факты.				
Второй этап (базовый уровень)	Уметь выводить основные уравнения эмиссионной электроники (Ричардсона-Дэшмана, Фаулера, Фаулера-Нордгейма, Саха-Ленгмюра,...	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов
Третий этап (повышенный уровень)	Владеть навыками использования основных уравнений эмиссионной электроники для описания результатов экспериментов	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов

**ПК-2** - способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 “Неудовл.”	3 “Удовлетв”	4 “Хорошо”	5 “Отлично”
Первый этап (начальный уровень)	Полевая электронная эмиссия основные закономерности, уравнение Фаулера-Нордгейма. ПЭ микроскоп-проектор Мюллера и его модификации.	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов
Второй этап (базовый уровень)	Определение увеличения и разрешающей способности ПЭМ, интерпретация эмиссионных изображений. Определение работы выхода поверхности.	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов
Третий этап (повышенный уровень)	Принципы полевой ионной микроскопии, конструкции ПИМ. Полевая ионизация; полевая десорбция и испарение полев. Микроканальные пластины и их использование для усиления яркости изображения их моделирования.	0-44 баллов	45-59 баллов	60-79 баллов	80-100 баллов

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

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

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенции	Оценочные средства
1-й	Знать основы квантовой теории, уравнения движения	<b>ОПК-1,</b>	Тест,

этап Знания	микрочастиц, квантовые статистические распределения. Распределение автоэлектронов по энергиям; полевая электр. спектроскопия. Источники электр. на основе полевых эмиттеров. Вакуумная микроэлектроника.	<b>ПК-1, ПК-2</b>	контрольная работа
2-й этап Умения	Уметь работать с микроканальными пластинами и использовать их для усиления яркости изображения и моделирования изображений. Уметь исследовать диффузию отдельных атомов.	<b>ПК-1, ПК-2.</b>	Контрольная работа, Тест
3-й этап Владеть навыками	Владеть навыками и ориентироваться в проблемах материаловедения на микроуровне с использованием атомного зонда (АЗ) различных модификаций: время-пролётного АЗ (с учетом проблемы дефицита энергии и линзы Пошенридера); АЗ с компенсацией энергии; импульсного лазерного АЗ; магнитного секторного АЗ, изображающего АЗ; 3D АЗ и атомного томографа.	<b>ОПК-1, ПК-1, ПК-2.</b>	Контрольная работа, тест

#### 4.3 Рейтинг-план дисциплины (Рейтинг–план представлен в приложении 2).

##### 4.4. Список лабораторных работ (для обсуждения на семинарах)

1. Исследование характеристик вакуумных диодов с автокатадами.
2. Исследование статических характеристик вакуумных триодов.
3. Изучение характеристик и параметров электронного Оже-спектрометра.
4. Изучение характеристик и параметров квадрупольного масс-спектрометра.
5. Изучение электронного микроскопа-проектора Мюллера.
6. Изучение характеристик и параметров полевого электронного спектрометра.

##### 4.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины. Перечень основной и дополнительной литературы

###### *Литература основная*

- [1]. К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А.В. Зотов, М. Катаяма. *Введение в физику поверхности*. М.: Наука.-2006. 490 с.
- [2]. L.E. Murr. *Electron and Ion Microscopy and Microanalysis. Principles and applications*. 2<sup>nd</sup> Edit. NY-Basel-Hong Kong: 1991.

###### *Дополнительная литература*

- [3]. А. Модинос. *Авто-, термо-, и вторично-электронная эмиссионная спектроскопия*. - М.: Наука.1990.
- [4]. М. Миллер и Г. Смит. *Зондовый анализ в автоионной микроскопии*. –М.: Мир. 1993.
- [5]. А.Л. Суворов. *Структура и свойства поверхности атомных слоев металлов*. -М.: Энергоатомиздат. 1989.
- [6]. Т.Т. Tsong. *Atome-Probe Field Emission Microscopy*. Cambridge University Press. 1990.

###### **Электронные ссылки для поиска основной и дополнительной литературы:**

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. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

###### **Профессиональные базы данных**

1. Универсальная Базы данных EastView (доступ к электронным научным журналам) - <https://dlib.eastview.com/browse>
2. 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)





## Приложение 1

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, семинары,...)	Кол-во ауд. часов	Основная и доп. лит-ра, рекоменд. студентам	Задания по самостоят. работе студентов	Кол-во часов самостоят. работы	Форма контроля самостоят. работы (коллоквиумы, тесты,...)
1.	<b>Введение.</b> Исторический очерк развития электронной микроскопии и физики микрообъектов.	Лекция	2	[1]		5	тест
2.	<b>Полевая электронная микроскопия (ПЭМ) и спектроскопия.</b> Полевая электронная эмиссия; основные закономерности, уравнение Фаулера-Нордгейма. ПЭ микроскоп-проектор Мюллера и его модификации. Определение увеличения и разрешающей способности ПЭМ, интерпретация эмиссионных изображений. Определение работы выхода поверхности. Применение ПЭМ для исследования адсорбции и поверхностной диффузии. Распределение автоэлектронов по энергиям; полевая электронная спектроскопия. Источники электронов на основе полевых эмиттеров. Вакуумная микроэлектроника.	Лекции Семинарские занятия	4 4	[1]: §3.1-3.2	номера задач [1, 2]	10	Решение задач
3	<b>Полевая ионная микроскопия (ПИМ).</b> Принципы полевой ионной микроскопии, конструкции ПИМ. Полевая ионизация; полевая десорбция и испарение полев. Микроканальные пластины и их использование для усиления яркости изображения, моделирование изображений. Иссл. диффузии отдельных атомов. Применение ПИМ для решения проблем металлофизики. ПИМ п/п и высокотемпературных сверхпроводников.	Лекции Семинарские занятия	6 6	[1]: §4.7-4.8 [2]:	номера задач [3]	20	Решение задач Подготовка электронной презентации
4	<b>Атомный зонд и его применение в материаловедении и физике поверхности.</b> Принципы работы атомного зонда (АЗ). Ионная оптика АЗ. Времяпролётный АЗ; проблема дефицита энергии и линза Пошенридера. АЗ с компенсацией энергии, импульсный лазерный и магнитный секторный АЗ, изображающий АЗ. 3D АЗ и атомная томография.	Лекции Семинарские занятия	6 6	[1]: § 4.1-4.3, [2]:	номера задач [2, 3]	10	Решение задач Подготовка реферата
	<b>ИТОГО</b>		<b>12/22</b>			<b>45</b>	<b>зачет</b>

### 5.1. Критерии оценки знаний, умений и навыков студентов.

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по дисциплине является дифференцированный зачет. Зачет проводится по программе, из которой выбирают два вопроса.

Оценка знаний студентов производится по следующим критериям:

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он свободно ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, четко представляет назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, умеет реализовывать алгоритмы цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, четко представляет источники возникновения погрешностей и методы их расчета.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он свободно ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, четко представляет назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, умеет реализовывать алгоритмы цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, четко представляет источники возникновения погрешностей и методы их расчета, однако, для полного ответа на отдельные поставленные вопросы требуются дополнительные пояснения и уточнения со стороны преподавателя;

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, в целом представляет назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, умеет реализовывать алгоритмы цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, имеет общее представление об источниках возникновения погрешностей и методах их расчета, однако, для полного ответа на отдельные поставленные вопросы требуются существенные пояснения и уточнения со стороны преподавателя;

Оценка **“неуд.”** выставляется студенту, если он не ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, не представляет себе назначение и выполняемые функции радиотехнических компонентов, затрудняется в реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов на функциональном и программном уровне, не имеет общих представлений об источниках возникновения погрешностей и методах их расчета.

### 5.2. Методические рекомендации студентам по организации изучения дисциплины

1. Приступая к изучению предмета, необходимо ознакомиться с учебной программой курса «Радиофизические методы исследования твердых тел».

2. Каждый раздел курса «Радиофизические методы исследования твердых тел» должен быть в процессе изучения кратко законспектирован.

После проработки каждого раздела курса «Радиофизические методы исследования твердых тел» по конспектам лекций и по рекомендованным учебным пособиям необходимо ответить на контрольные вопросы, помещенные в конце каждой темы учебного пособия.

3. Преподаватель проводит в конце каждого семестра собеседование со студентами по конспектам лекций и других записей.

4. Отчеты по лабораторным работам оформляются на компьютере индивидуально каждым студентом. Все графические и численные результаты формируются в виде цифровых копий экрана. Полученные результаты переписываются на съемные носители информации.

5. Отчет по каждой лабораторной работе публично защищается студентом. Во время защиты студент должен продемонстрировать понимание всех методических подходов, связанных с выполнением данной лабораторной работы. Полученные численные и графические результаты должны быть кратко описаны в тексте отчета и в выводах.

8. При защите каждой лабораторной работы студент должен показать следующее:

Степень усвоения теоретического материала и практические навыки выполнения компьютерных расчетов по изученным теоретическим зависимостям;

Умение расчетов погрешностей измерений, связанные с цифровой обработкой измерительной информации и особенностями выбранных систем управления, а также объем и полноту изучения рекомендованных литературных источников.

**6.1. Рейтинг – план дисциплины****«Радиофизические методы исследования твердых тел»**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Радиофизика», профиль «Цифровые технологии обработки информации»

курс 4, семестр 7

Преподаватели: Бахтизин Р.З., д.ф.-м.н., профессор.

Кафедра: физической электроники и нанопластики

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 «Виды электронной эмиссии с предварительным возбуждением»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Тест 1	5	5	0	25
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа №1	5	5	0	25
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1</b>			<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Модуль 2 «Виды электронной эмиссии без предварительного возбуждения»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Тест 2	5	5	0	25
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа №2	5	5	0	25
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2</b>			<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие в олимпиадах и конференциях по 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>				
<b>Зачет</b>				

## 6.2. 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
Аудитория 313	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, микрофон, акустическая система, интерактивный экран, доска, программы: Windows, MS Power Point
Аудитория 314	Практические занятия	Аналитическое и вакуумное оборудование, оже-спектрометр