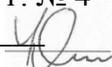


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол от «27» апреля 2022 г. № 4  
Зав. кафедрой Мулюков Р.Р./ 

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Балапанов М.Х./ 

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина **ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ**

*(наименование дисциплины)*

Профессиональный цикл, вариативная

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

**программа магистратуры**

Направление подготовки  
03.04.02 ФИЗИКА,

Профиль подготовки  
Физика наносистем

магистр

*квалификация*

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

Для приёма: 2022 г.

Уфа 2022 г.

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

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и технологии наноматериалов протокол от « 27 » апреля 2022 г. № 4

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Мулюков Р.Р.

### Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	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 и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.	8
4.3. Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)	9(19)
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы	14
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

В дисциплине «Основы электронной микроскопии» нет универсальных компетенций (УК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК).

При изучении дисциплины «Основы электронной микроскопии» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» (квалификации «магистр»):

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

ПК-4: Способен применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

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

Дисциплина «Основы электронной микроскопии» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на *2\_курсе* в 1 семестре.

**Целью** данной дисциплины является выработка у магистров корректных представлений о применении методов электронной микроскопии для исследования поверхности твердых тел.

Дисциплина «Основы электронной микроскопии» заканчивает цикл профессиональных дисциплин, в которых рассматриваются, в основном, классические представления физики, и начинает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области экспериментальных методов исследования свойств нанобъектов и материи в целом.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения предыдущих дисциплин.

Чтобы приступить к изучению дисциплины «Основы электронной микроскопии» магистр должен знать основные понятия и законы перечисленных выше дисциплин. Магистр 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 «Основы электронной микроскопии» заканчивает цикл специальных дисциплин «Фундаментальные основы нанотехнологии», «Основы сканирующей зондовой микроскопии» в которых рассматриваются, в основном, классические представления электроники и физики твердого тела, и начинает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области квантовой теории о свойствах микрообъектов и материи в целом. Дисциплина «Основы электронной микроскопии и микроанализа» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения предыдущих дисциплин.

### 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 и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции:

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
ПК-3.1 Знает основы разработки функциональных материалов и их внедрения в производство	Знает: взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел; физические явления на поверхности твердых тел при электронном облучении; технику электронной микроскопии, физическую природу электрических и магнитных полей, основные типы электронных линз;	не знает элементарных и современных проблем микроскопии	обладает элементарными и современными проблемами микроскопии	обладает знанием элементарных и современных проблем микроскопии за исключением некоторых	знает элементарных и современных проблем микроскопии
Второй этап (базовый уровень)	Рассеяние электронов в твердых телах, длина пробега электронов. Упруго и неупругоотраженные электроны, потери энергии электронами.	1. не умеет применять основные представления применения основ электроники	2. умеет применять основные представления применения основ микроскопии	3. умеет применять основные представления применения основ микроскопии	4. умеет применять основные представления применения основ микроскопии
ПК-3.2 Умеет принимать участие в разработке функциональных материалов и их внедрения в производство	Вторично-электронная эмиссия, оже-электронная эмиссия, излучение фотонов, плазмонные колебания. Эмиссия атомных частиц, электронно-стимулированная десорбция.	1. не владеет знаниями о методах зондовой микроскопии	2. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии	3. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии	4. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии

ПК-4: Способен применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплин	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
ПК-4-1 Знает основы составления научно-техническую, проектную и учебно-методическую документацию согласно существующим нормам и стандартам	Основные микроскопические параметры поверхности твердых тел. Геометрическая структура, топография поверхности. Электронные свойства поверхности.	1. не знает элементарных и современных проблем микроскопии	1.обладает элементарных и современных проблем микроскопии	обладает элементарных и современных проблем микроскопии за исключением некоторых	1. знает элементарных и современных проблем микроскопии
ПК-4-2 Умеет составлять научную, техническую, педагогическую и иную документацию по установленной форме с применением современных инфокоммуникационных технологий	Пространственное распределение электронного пучка в твердых телах. Дифракционные явления. Элементы электронной оптики. Электронные источники, пушки. Электростатические и магнитные электронные линзы. Искажения в электронных линзах.	1. не умеет применять основные знания для представления применения основ электронной микроскопии	1. умеет применять основные знания для представления применения основ электронной микроскопии	1. умеет применять основные знания для представления применения основ электронной микроскопии	1. умеет применять основные знания для представления применения основ электронной микроскопии
ПК-4-3 Владеет навыками составления научной, технической и иной документации по установленной форме с применением современных инфокоммуникационных	Дифракция быстрых электронов. ПЭМ в режиме микронзонда. Аналитическая микроскопия. Подготовка образцов для ПЭМ. Микрошлифы, реплики. Установки и оборудование для подготовки образцов. Формирование изображения, контраста в РЭМ. Геометрический и фазовый контраст в РЭМ.	1. не владеет знаниями о методах электронной микроскопии	владеет знаниями о методах электронной микроскопии	1. владеет знаниями о методах электронной микроскопии	1. владеет знаниями о методах электронной микроскопии

технологий					
------------	--	--	--	--	--

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
ПК-3, 4 Знает, как составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты);	Знать физическую природу электрических и магнитных полей, основные типы электронных линз; свойства и основные типы твердых тел, макро- и микроскопические модели твердого тела; основные характеристики и свойства неупорядоченных и аморфных твердых тел; основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел.	Контрольная работа  Тест
ПК-3,4 Умеет составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты);	Уметь определять структуру простейших решеток по данным электронно микроскопического анализа Уметь произвести расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа. Уметь проводить анализ научно-технической информации, отечественной и зарубежной литературы по заданной тематике	Контрольная работа, тест
ПК-3,4 Владеет способами составления и оформления научных и (или) технических (технологических, инновационных) отчетов (публикации, проекты);	Владеть методами описания и механизмы взаимодействия; электрического и электромагнитного поля с решеткой; методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Контрольная работа, тест

## Задания для оценивания результатов обучения в виде знаний (первый этап освоения компетенций)

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие оценочные средства:

- письменные работы по теоретическому материалу;
- аудиторные и домашние задания по практическим занятиям (решение задач);
- собеседование.

Примеры тестов для проверки знаний по компетенции ПК-3, ПК-4.

### Тест 1

Характеристика поверхности	Методика для исследования
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Геометрическое строение атомов на поверхности.</li><li>2. Электронная структура поверхности.</li><li>3. Химический элементный состав поверхности.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.</li><li>2. Просвечивающий электронный микроскоп.</li><li>3. Спектроскопия рассеяния медленных ионов.</li><li>4. Дифракция медленных электронов.</li><li>5. Оже-электронная спектроскопия.</li><li>6. Растровый электронный микроскоп.</li><li>7. Полевая электронная спектроскопия.</li><li>8. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.</li><li>9. Вторично-ионная масс-спектроскопия.</li><li>10. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия.</li><li>11. Автоэлектронная микроскопия.</li><li>12. Сканирующая зондовая микроскопия</li></ol>

Ответы в виде I – J, K, L...

Тест 2

Метод исследования (К)	Первичная частица, возбуждение (А)	Вторичная частица, излучения (В)	Механизм физического явления (С)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.</li> <li>2. Просвечивающий электронный микроскоп.</li> <li>3. Спектроскопия рассеяния медленных ионов.</li> <li>4. Дифракция медленных электронов.</li> <li>5. Оже-электронная спектроскопия.</li> <li>6. Растровый электронный микроскоп.</li> <li>7. Полевая электронная спектроскопия.</li> <li>8. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.</li> <li>9. Вторично-ионная масс-спектрометрия.</li> <li>10. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия.</li> <li>11. Автоэлектронная микроскопия.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электроны</li> <li>2. Ионы</li> <li>3. Фотоны</li> <li>4. Электрическое поле</li> <li>5. Магнитное поле</li> <li>6. Высокочастотное поле</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электроны</li> <li>2. Ионы</li> <li>3. Фотоны</li> <li>4. Электрическое поле</li> <li>5. Магнитное поле</li> <li>6. Высокочастотное поле</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ионно-ионная эмиссия</li> <li>2. Электронно-ионная эмиссия</li> <li>3. Фотоэлектронная эмиссия</li> <li>4. Туннельная эмиссия электронов</li> <li>5. Отражение электронов от поверхности твердых тел</li> <li>6. Отражение ионов от поверхности твердых тел</li> <li>7. Автоионизация</li> <li>8. Туннельная эмиссия ионов</li> <li>9. Термоэлектронная эмиссия</li> </ol>

## **Задания для оценивания результатов обучения в виде владений (третий этап освоения компетенций)**

Для оценивания результатов обучения в виде владений используются оценочные средства в виде экзамена.

Вопросы для проведения экзамена для проверки знаний по компетенциям ПК-3,4:

### **Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу.**

Основные микроскопические характеристики поверхности твердых тел. Геометрическое строение, структура, топография поверхности. Электронное строение, энергетическая структура свободных электронных состояний. Химический элементный состав поверхности.

#### **1. Методы анализа поверхности твердых тел с помощью электронов и фотонов.**

Взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел. Рассеяние электронов в твердых телах. Длина пробега электронов, отраженные электроны, упругие и неупругие потери энергии электронами, вторично-электронная эмиссия. Рентгеновское излучение, оже-электронная эмиссия.

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Увеличение, разрешающая способность ПЭМ. Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Формирование изображения, контраста, детектирование сигнала в РЭМ. Подготовка образцов для ПЭМ и РЭМ.

Дифракция медленных электронов (ДМЭ) и быстрых электронов (ДБЭ). Определение структуры поверхности с помощью ДМЭ и ДБЭ.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Возможности метода, количественный анализ. Рентгеновские микроанализаторы, установки РФЭС.

Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Физические основы метода ЭОС, интерпретация оже-спектров. Качественный и количественный анализ с помощью ЭОС. Установки ЭОС.

Полевая электронная спектроскопия поверхности. Методика и установки полевой электронной спектроскопии.

#### **2. Методы анализа поверхности твердых тел, основанные на облучении поверхности ионами.**

Взаимодействие ионов с поверхностью твердых тел. Отраженные ионы, упругие и неупругие потери энергии ионами. Пролет ионов в твердых телах. Распыление поверхности, вторично-ионная эмиссия.

Вторично-ионная масс-спектрометрия (ВИМС). Качественный анализ химического состава поверхности. Физические основы количественного анализа. Исследование профилей концентрации элементов в образцах методом ВИМС. Установки ВИМС.

Другие методы анализа поверхности с помощью пучка ионов. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Современные аналитические приборы и их применение.

### **Критерии оценивания знаний:**

Показатели сформированности компетенции:

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

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

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

**За ответы на вопросы билета выставляется**

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

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

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

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

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

**За решение задачи на экзамене выставляется:**

- 6 баллов, если задача решена полностью и без замечаний;

- 5 баллов, если задача решена полностью, но есть небольшие недочеты или несущественная ошибка в численных расчетах или преобразованиях;

- 4 балла, если все исходные положения теории и логические выводы записаны верно, но преобразования не закончены или в преобразованиях допущена ошибка;

- 3 балла, если в исходных уравнениях или в идее решения допущена серьезная ошибка, что привело к неверному результату или отсутствует одно из необходимых исходных уравнений, однако выполнены преобразования, направленные на получение ответа;

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

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

- 0 баллов – решение отсутствует или полностью ошибочно.

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

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

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

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

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

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

**Основная литература:**

1. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия: пер. с англ./ Д. Синдо, Т. Оикава. - М.: Техносфера, 2006. - 256 с.

2. Бушнев Л.С. и др. Основы электронной микроскопии. Томск. 1990.

3. Основы аналитической электронной микроскопии. /Под ред. Дж.Грена. / М: «Металлургия», 1990

#### Дополнительная литература:

1. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы/ М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. - М.: Физматлит, 2011.
2. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М.: Техносфера, 2004
3. М.А. Васильев, В.Т. Черепин. Справочник. Методы анализа поверхности твердых тел. М.: Наука, 1978

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

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

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

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

Лабораторные занятия проводятся в специализированной лаборатории физико-технического института (115 кабинет). В таблице 5 приведены сведения об основном оборудовании, которое используется при выполнении лабораторных работ.

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

Таблица 5

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 415	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска, программы: Windows, MS Power Point
Аудитория 115	Лабораторные работы по электронной микроскопии	Растровый электронный микроскоп <b>TESCAN MIRA</b>

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

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

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

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

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

1. Получение первого изображения.
2. Обработка и количественный анализ изображений.
3. Исследование поверхности твердых тел с помощью сканирующей электронной микроскопией.
- 4.Arteфакты в сканирующей электронной микроскопии.

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

Отчет должен включать:

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

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

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

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины \_\_\_\_\_ «Основы электронной микроскопии» \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ семестр  
(наименование дисциплины)

\_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	29,2
лекций	16
практических/ семинарских	
лабораторных	12
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	51,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма контроля:

экзамен \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ семестр

Таблица 3

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов аудиторной работы	Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Модуль 1: Поверхность твердого тела , взаимодействие с электронами .</b>							
1.	<p><b>Параметры поверхности твердых тел.</b></p> <p>Введение. 1 Основные микроскопические параметры поверхности твердых тел.</p> <p>1.1 Геометрическая структура, топография поверхности.</p> <p>1.2 Электронные свойства поверхности.</p> <p>1.3 Химический элементный состав поверхности.</p>	<p style="text-align: center;"><u><b>Лекция</b></u></p> <p>Лабораторные занятия</p>	<p>2</p> <p>2</p>	<p>[1];</p> <p>[2], Введение</p>	<p>Основные положения физики твердого тела [1]</p>	8	Письменный опрос
2.	<p><b>Взаимодействие электронов с поверхностью.</b></p> <p>1. Физические явления на поверхности твердых тел при электронном облучении.</p> <p>1.1 Рассеяние электронов в твердых телах, длина пробега электронов.</p>	<p style="text-align: center;"><u><b>Лекция</b></u></p> <p>Лабораторные занятия</p>	<p>4</p> <p>4</p>	<p>2, § 1.1-1.4</p> <p>3 (с.60-69)</p> <p>4, гл.2</p>	<p>Электромагнитная индукция.</p> <p>Электродвигатели.</p> <p>Упругость твердых тел, упругая сила. [2] § 1.5, 1.6</p>	6	Выборочный опрос, контрольная работа

	<p>1.2 Упруго и неупругоотраженные электроны, потери энергии электронами.</p> <p>2. Вторично-электронная эмиссия, оже-электронная эмиссия, излучение фотонов, плазмонные колебания.</p> <p>3. Эмиссия атомных частиц, электронно-стимулированная десорбция.</p> <p>4. Пространственное распределение электронного пучка в твердых телах.</p>						
<b>Модуль 2. Виды и режимы работы электронных микроскопов</b>							
5	<p><b>Электронные микроскопы.</b></p> <p>1. История развития электронной микроскопии. Основные типы и режимы работ электронных микроскопов.</p> <p>2. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).</p> <p>3. Увеличение, разрешающая способность и режимы работы ПЭМ. Подготовка образцов для ПЭМ.</p> <p>4. Растровая электронная</p>	<p style="text-align: center;"><u><b>Лекция</b></u></p> <p>Лабораторные занятия</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">2, § 4.1-4.7 3, гл. 3 4, гл.5 [2], Л. п. № 3</p>		6	<p>Выборочный опрос, контрольная работа, Защита отчета</p>

	микроскопия (РЭМ). 5. Формирование изображения, контраста, детектирование сигнала и увеличение в РЭМ. Подготовка образцов для ПЭМ и РЭМ.						
6	1. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Дифракция быстрых электронов (ДБЭ). 2. Исследование геометрической структуры поверхности твердых тел с помощью ДМЭ и ДБЭ.	<u>Лекция</u>  Лабораторные занятия	2  2	2, § 5.1-5.3 3, гл. 3 4, гл.5 [2], Л. п. № 5,8	Работа выхода электронов. Электронная структура поверхности. 2, § 3.7, 3.8	6	Защита отчета
<b>Модуль 3. Физические принципы работы приставок электронных микроскопов</b>							
3.	1. Физический принцип рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). 2. Возможности метода РФЭС, качественный и количественный химический анализ поверхности твердых тел. Рентгеновские микроанализаторы, установки РФЭС.	<u>Лекция</u>  Лабораторные занятия	2  2	2, § 2, 3.1-3.6, 3.9 3, гл. 3 4, гл.5 [2], Л. п. № 2	Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия	6	Контрольная работа, решение задач  Защита отчета
4	<b>Электронная оже-спектроскопия</b>	<u>Лекция</u>  Лабораторные	2  2	[2], Л. п. № 1	Энергия связи электронов в атоме, в твердых телах.	6	Защита отчета

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физический принцип электронной оже-спектроскопии (ЭОС).</li> <li>2. Возможности метода ЭОС, интерпретация оже-спектров. Качественный и количественный химический анализ с помощью ЭОС.</li> <li>3. Установки ЭОС, комбинированные микроанализаторы с применением ЭОС.</li> </ol>	занятия			Образование энергетических зон. Электронный переход.		
7	<p><b>Полевые методы анализа.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полевая электронная и ионная эмиссия.</li> <li>2. Полевая электронная спектроскопия поверхности металлов и полупроводников.</li> <li>3. Методика и установки полевой электронной спектроскопии.</li> </ol>	<p>Лекция</p> <p>Лабораторная работа</p>	<p>2</p> <p>2</p>	2, § 6.1-6.3 [2], Л. р. № 4	Квантово-механическое представление о туннелировании электронов. Полевая электронная эмиссия.	8	Выборочный опрос, контрольная работа, Защита отчета
		ИТОГО	28			52	экзамен

## Рейтинг – план дисциплины

## «Основы электронной микроскопии»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «ФИЗИКА», направленность (профиль) «физика наносистем»

курс 2, семестр 3\_ 2022 /2023 уч.г.

Количество часов по учебному плану 108, в т.ч. контактная работа 29,2, самостоятельная работа 52,

Преподаватели:

лекции Юмагузин Юлай Мухаметович, д.ф.-м.н., профессор.

практические занятия Юмагузин Юлай Мухаметович, д.ф.-м.н., профессор.

Кафедра: физики и технологии наноматериалов

Виды учебной деятельности магистров	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Мини-мальный	Макси-мальный
<b>Модуль 1 «Поверхность т.т. , взаимодействие с электронами.»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Тест 1	4	5	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа №1	5	3	0	15
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Модуль 2 «Виды и режимы работы электронных микроскопов»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
3. Контрольная работа №2	5	4	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тест 2	3	5	0	15
<b>ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие в олимпиадах по общей физике (баллы за задачи по атомной физике)			0	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>Экзамен</b>	9 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 18 б.	<b>30</b>
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	

Утверждено на заседании кафедры физики и технологии и наноматериалов

Протокол № 4 от «27» апреля 2022 г.

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

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