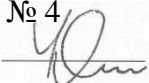



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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 **Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем**

*(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**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
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 и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 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.
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, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

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

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

В дисциплине «Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем» нет универсальных компетенций (УК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК).

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

Дисциплина «Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем» относится к математическому и естественнонаучному циклу (вариативная) учебного плана по направлению 03.04.02 «Физика», профиль «Физика наносистем». Дисциплина изучается на 2 курсе во 2 семестре. В программе курса излагаются основные принципы описания низкоразмерных физических систем различной природы – электронные низкоразмерные системы, магнитные низкоразмерные системы, фазовые переходы в низкоразмерных системах. В центре внимания курса квантовый эффект Холла и низкоразмерные магнетики. Рассматриваются специфические фазовые переходы (переход Березинского-Костерлица-Таулесса) и квантово-разупорядоченные фазы низкоразмерных магнетиков.

**Целью** данной дисциплины является получение фундаментальных знаний в области физики низкоразмерных систем, знаний о физических свойствах различных низкоразмерных систем (электронных, магнитных), методах получения и экспериментального исследования таких систем, простейших теоретических моделях и численных методах, применяемых для описания таких систем, применении низкоразмерных систем при создании приборов и стандартов (эталонов). Освоение дисциплины должно способствовать формированию профессиональных компетенций, определяемых профилем программы, с целью их дальнейшего использования в профессиональной деятельности при описании и исследовании различных свойств материалов и наноструктурированных материалов; формирование необходимого уровня научно-исследовательской культуры, обеспечивающего как умение разбираться в современных проблемах материаловедения и вырабатывать способы решения практических задач, так и самостоятельно продолжить свое образование и профессиональное совершенствование в области физики низкоразмерных систем; формирование знаний о физических свойствах тел, обусловленных движением и взаимодействием электронов и ионов, применение их при решении профессиональных и научно-исследовательских задач. Понимание физической сущности явлений, происходящих в твердых телах, соответствующих основным разделам курса «Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем»: электронная структура металлов, заполнение электронных состояний, плотность состояний, распределение Ферми-Дирака, явление переноса электронов при протекании электрического тока, роль электронов в процессах теплопроводности, рассеяние электронов, явления электронной эмиссии в металлах.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики.

Дисциплина «Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем» призвана помочь магистрам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной квалификационной работы, а так же изучению таких дисциплин как: «Сверхпроводящие материалы и устройства на их основе», «Электронная теория металлов», «Электронные свойства квантоворазмерных полупроводниковых гетероструктур», «Основы сканирующей зондовой микроскопии», «Основы электронной микроскопии», «Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем», «Электрические и магнитные свойства наноматериалов».

### 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 новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство	знать способов формирования низкоразмерных систем и основные экспериментальные методы	1. не знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1.обладает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1. обладает знанием элементарных и современных проблем экспериментальных методик за исключением некоторых	1. знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик
ПК-3.2 Умеет принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в	уметь использовать для характеристики таких систем, методов описания свойств низкоразмерных систем, в том числе простейшие численные методы	1. не умеет применять основы знаний для представления основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления основ применения основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления основ применения основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления основ применения основ экспериментальных методик

производство			экспериментальных методик	экспериментальных методик	экспериментальных методик
ПК-3.3 Владеет навыками составления научной, технической, педагогической и иной документации по установленной форме с применением современных инфокоммуникационных технологий	владеть методами обработки результатов экспериментальных исследований в задачах, связанных с физикой низкоразмерных систем.	1. не владеет знаниями о экспериментальных методик	владеет знаниями о методах зондовой микроскопии	1. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии	1. владеет знаниями о методах зондовой микроскопии

ПК-5: Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных и углеродных) природы (твердых, жидких, гелеобразных, аэрозольных), включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, для решения производственных задач, владением навыками выбора этих материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
ПК-5-13 Знает основы проектирования, организации и осуществления педагогической деятельности в сферах основного общего, среднего общего, высшего и дополнительного образования	знать способов формирования низкоразмерных систем и основные экспериментальные методы	1. не знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1. обладает элементарных и современных проблем экспериментальных методик	1. обладает знанием элементарных и современных проблем микроскопии за исключением некоторых	1. знает элементарных и современных проблем экспериментальных методик

ПК-5-2 Умеет проектировать, организовывать и осуществлять педагогическую деятельность в сферах основного общего, среднего общего, высшего и дополнительного образования	уметь использовать для характеристики таких систем, методов описания свойств низкоразмерных систем, в том числе простейшие численные методы	1. не умеет применять основы знаний для представления применения основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основ экспериментальных методик	1. умеет применять основы знаний для представления применения основ экспериментальных методик
ПК-5-3 Владеет навыками проектирования, организации и осуществления педагогической деятельности в сферах основного общего, среднего общего, высшего и дополнительного образования	владеть методами обработки результатов экспериментальных исследований в задачах, связанных с физикой низкоразмерных систем.	1. не владеет знаниями о методах экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик	1. владеет знаниями о методах экспериментальных методик

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 оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-5-1 Знает основы проектирования, организации и осуществления педагогической деятельности в сферах основного общего, среднего общего, высшего и дополнительного образования	знать способов формирования низкоразмерных систем и основные экспериментальные методы	Тест, контрольная работа
ПК-5-2 Умеет проектировать, организовывать и осуществлять педагогическую деятельность в сферах основного общего, среднего общего, высшего и дополнительного образования	уметь использовать для характеристики таких систем, методов описания свойств низкоразмерных систем, в том числе простейшие численные методы	Контрольная работа Тест
ПК-5-3 Владеет навыками проектирования, организации и осуществления педагогической деятельности в сферах основного общего, среднего общего, высшего и дополнительного образования	владеть методами обработки результатов экспериментальных исследований в задачах, связанных с физикой низкоразмерных систем.	Контрольная работа, тест

#### **Вопросы по дисциплине**

Зачет является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Примерные вопросы для зачета:

- Основные микроскопические характеристики поверхности твердых тел.
- Геометрическое строение, структура, топография поверхности.
- Электронное строение, энергетическая структура свободных электронных состояний.
- Химический элементный состав поверхности.
- 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.  
Взаимодействие ионов с поверхностью твердых тел.  
Отраженные ионы, упругие и неупругие потери энергии ионами.  
Пробег 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.  
Спектроскопия рассеяния медленных ионов.  
Современные аналитические приборы и их применение.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

### **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 незначительная 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. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы/ М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. - М.: Физматлит, 2011.
2. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия: пер. с англ./ Д. Синдо, Т. Оикава. - М.: Техносфера, 2006. - 256 с.
3. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М.: Техносфера, 2004

#### Дополнительная литература:

4. В.Т.Черепин. Ионный микронзондовый анализ. Киев, 1992
5. Методы анализа поверхностей. Под ред. А.Зандерны. М.: Мир, 1979.
6. Электронная и ионная спектроскопия твердых тел. Л.Фирменс и др. М.: Мир, 1981.
7. М.А.Васильев, В.Т.Черепин. Методы анализа поверхности твердых тел. М.: Наука, 1978
8. Бушнев Л.С. и др. Основы электронной микроскопии. Томск. 1990.
9. И.Броудай, Д.Мерей. Физические основы микротехнологии. М.: Мир, 1985

### 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 (105, 106, 118 аудитории). 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,	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
---	-------------	---

лабораторий		
1	2	3
Аудитория 415	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска, программы: Windows, MS Power Point
Аудитория 106	Лабораторные работы по вторично-ионной масс-спектрометрии	Вторично-ионный масс-спектрометр MC-7201M, Полевой электронный спектрометр УСУ-4
Аудитория 105	Лабораторные работы по определению микротвердости	Микротвердомер HVS1000B Наноскан 3D
Аудитория 118	Лабораторные работы по сканирующей зондовой микроскопии	СЗМ Наноздьюкатор II (4 терминалов)

### Лабораторные занятия по дисциплине и порядок их проведения

Основные темы дисциплины «Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем» 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:

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.

"Удовлетворительно" выставляется при выполнении работы по стандартной схеме и удовлетворительном знании основных закономерностей изучаемого явления.

"Хорошо" выставляется при наличии творческого, тщательно продуманного плана работы, качественного выполнения экспериментальной части, детального анализа полученных результатов и хороших знаний изучаемого вопроса.

"Отлично" требует нестандартного подхода к выполнению работы, включения в нее элементов исследования, машинной обработки результатов.

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

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Экспериментальные методы в физике низкоразмерных систем» на  
4 семестр  
(наименование дисциплины)  
очная  
форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: профессор, д.ф.-м.н., Юмагузин Юлай Мухаметович,  
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Лабораторные занятия: профессор, д.ф.-м.н., Юмагузин Юлай Мухаметович  
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	61,2
лекций	30
практических/ семинарских	30
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	55,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	2

Форма контроля:  
экзамен 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материала	Количество часов	Интерактивные методы обучения	Междисциплинарные связи	Инновационные методы в обучении	Основная и дополнительная литература	Задания по самостоятельной работе студентов.	Количество часов	Формы контроля
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Низкоразмерные системы: характерные длины, возможности формирования низкоразмерных систем. Особенности физики низкоразмерных систем: отсутствие дальнего порядка в одно- и двумерных кристаллах с линейным спектром возбуждений, отсутствие бозе-конденсации в двумерном случае, неустойчивость одномерной системы взаимодействующих фермионов.	ЛК ЛР СР	2	Самостоятельная работа с литературой	Физика поверхности		Осн. [2 гл.4, пп.2.1-2.3;] Доп. [1 гл.1, пп.1.1-1.3;]	Основные положения физики твердого тела	1	Опрос
2	1. Низкоразмерный электронный газ. Двумерный и одномерный электронный газ в полупроводниковых структурах. Двумерный электронный газ над поверхностью гелия. Состояние вигнеровского кристалла в двумерном электронном газе. Низкоразмерный электронный газ в графене и нанотрубках. Спектр электронов в графене. 2. Пространственное распределение электронного пучка в твердых телах.	ЛК СР	4	Метод Case-study (анализ практических ситуаций) на лаб. занятии Самост. работа с литературой	Физика поверхности. Эмиссионная электроника	Компьютерные обучающие программы	Осн. [2 гл.2, пп.3.1-3.3;] Доп. [2, 3]			

3	<p>Одномерная модель Изинга: свободная энергия и корреляционная функция. Элементарное возбуждение одномерной модели Изинга. Двумерная модель Изинга на квадратной решётке. Свободная энергия двумерной модели Изинга. Элементарное возбуждение двумерной модели Изинга. Фазовый переход в двумерной модели Изинга. Поведение параметра порядка и теплоёмкости при фазовом переходе в двумерной модели Изинга. Двумерная модель Изинга с разными параметрами взаимодействия (без вывода). Изменение температуры упорядочения при переходе к квазиодномерному случаю.</p>	ЛК ЛР СР	16	Метод Case-study Самост. работа с литературой	Электронная оптика	Осн. [1 гл.4, пп.2.1-2.3; 4, 5, 6] Доп. [ 3, 4 ]			
4	<p>1. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Дифракция быстрых электронов (ДБЭ). 2. Исследование геометрической структуры поверхности твердых тел с помощью ДМЭ и ДБЭ.</p>	ЛК СР	2	Самостоятельная работа с литературой		Осн. [1, 4, 5] Доп. [ 3 ]			
5	<p>1. Физический принцип рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). 2. Возможности метода РФЭС, качественный и количественный химический анализ поверхности твердых тел. Рентгеновские микроанализаторы,</p>	ЛК СР	2		Фотоэлектронная эмиссия	Осн. [ 2, 4] Доп. [ 1 ]	Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия	3	Доклад



	установки РФЭС.									
6	<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>	ЛК СР	2	Метод Case-study (анализ конкретных практических ситуаций) на семинарском занятии	Эмиссионная электроника		Осн. [ 2, 4 ] Доп. [ 1 ]	Лазерная масс-спектрометрия	2	Доклад
7	<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>	ЛК ЛР СР	4		Эмиссионная электроника	Компьютерные обучающие программы	Осн. [ 2, 4, 6 ] Доп. [ 2, 4 ]			

8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физические явления на поверхности твердых тел при ионной бомбардировки.</li> <li>2. Взаимодействие ионов с поверхностью твердых тел.</li> <li>3. Отраженные ионы, упругие и неупругие потери энергии ионами.</li> <li>4. Пробег ионов в твердых телах.</li> <li>5. Распыление поверхности, вторично-ионная эмиссия.</li> </ol>	ЛК ЛР СР	4	Самостоятельная работа с литературой			Осн. [ 2, 3, 4, 6 ] Доп. [1, 2, 4 ]			
9	<p>Низкоразмерный электронный газ. Двумерный и одномерный электронный газ в полупроводниковых структурах. Двумерный электронный газ над поверхностью гелия. Состояние вигнеровского кристалла в двумерном электронном газе. Низкоразмерный электронный газ в графене и нанотрубках. Спектр электронов в графене.</p>	ЛР ЛР СР	16	Метод Case-study (анализ практических ситуаций) на лабораторном занятии. Самостоятельная работа с литературой		Компьютерные обучающие программы	Осн. [ 2, 3, 4, 6 ] Доп. [1, 2, 4 ]	Ионные источники	2	Доклад

## Рейтинг – план дисциплины

«Экспериментальные методы исследования ФКС»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Наноматериалы»,направленность (профиль) «Объемные наноструктурные материалы»

курс 3, семестр 6

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 «Поверхность. Методы на основе электронного облучения»</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 «Эмиссионные методы. Методы на основе ионного облучения.»</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	<b>10</b>
<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			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
<b>Зачет</b>	30	1	0	<b>30</b>