

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол №3 от «12» января 2022 г.

Согласовано:
Председатель УМК физико-технического
института

Зав. кафедрой _____ / Т.И. Шарипов



_____/М.Х. Балапанов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина _____ Физика наночастиц и методы их исследования _____
(наименование дисциплины)

_____ вариативная _____

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

программа магистратуры

Направление подготовки

03.04.03 Радиоп физика

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

Профиль(и) подготовки

Электроника и компьютерные технологии

Квалификация

_____ магистр _____

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель) <u>к.ф.-м.н., доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 _____/ <u>Шарипов Т.И.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	--

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Составитель / составители: Шарипов Т.И., к.ф.-м.н., зав. кафедрой физической электроники и нанофизики БашГУ

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «12» января 2022 г. № 3.

Заведующий кафедрой



_____ / Т.И. Шарипов /

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
 - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

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

При изучении дисциплины у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ПК-3 способностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать определение и классификацию наночастиц	ПК-3	
	2. Знать физические принципы работы всех составляющих СЗМ, в том числе сканеров, зондов, двигателей подвода, систем амортизации и виброзащиты, ла-зерной системы слежения за зондом и систем управления	ПК-3	
	3. Знать экспериментальные приёмы получения атомного разрешения в СЗМ и математические основы методов обра-ботки и анализа СЗМ – кадров наночастиц	ПК-3	
Умения	1. Уметь различать различные наночастицы	ПК-3	
	2. Уметь настраивать рабочие параметры и получать кадры рельефа и соответствующие ему карты физических характеристик образцов	ПК-3	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками приготовления образцов наночастиц и методами исследования наночастиц	ПК-3	
	2. Владеть практическими навыками использования СЗМ для проведения физи-ческих экспериментов	ПК-3	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика наночастиц и методы их исследования» является вариативной и входит в раздел **Б1.В.03** профессионального цикла. Для её успешного освоения требуется владение рядом компетенций бакалавра по направлению 03.03.03 «Радиофизика». Знания, умения и навыки, полученные при изучении курса, являются опорными для прохождения научно-исследовательской практики и написания выпускной квалификационной работы.

Целью дисциплины является достижение студентами ясного понимания определения «наночастицы» и понимания принципа работы сканирующих зондовых микроскопов, понимания реальности изменения ее под нужды эксперимента, а также появление у студентов веры в возможность создания такого сложного экспериментального оборудования, как сканирующие зондовые микроскопы, своими собственными руками; и понимания возможности использования такого оборудования для исследования наночастиц.

Задачами дисциплины являются: освоение понятия наночастицы и классификации наночастиц, освоение навыками приготовления образцов наночастиц и методами исследования наночастиц, освоение физических принципов работы отдельных составляющих сканирующих зондовых микроскопов – туннельного и атомно-силового зонда, пьезосканера, пьезоинерциального двигателя, системы амортизации, лазерной системы слежения за зондом и других, приобретение навыков по сборке микроскопов из этих составляющих, а также приобретение опыта по включению, настройке самостоятельно собранных микроскопов, выбору рабочих параметров, получению и всестороннему анализу кадров, а также по выбору и работе в дополнительных режимах с получением данных по разнообразным физическим характеристикам поверхности образцов.

Преподавание дисциплины производится в виде практических занятий, на которых преподаватель излагает и демонстрирует физические основы и принципы работы и каждого элемента конструкции сканирующих зондовых микроскопов, и микроскопов, и алгоритмов обработки и анализа кадров, и дополнительных физических методик, а для закрепления полученных знаний в качестве умений и навыков студенты по ходу изложения материала выполняют лабораторные работы с применением учебных пособий в виде микроскопов конструкторов путем их самостоятельной сборки в виде сканирующего туннельного, а затем и атомно-силового микроскопа. При этом студенты самостоятельно подключают собранные микроскопы к управляющему компьютеру, ставят образец, знакомятся с программой управления микроскопом, и далее самостоятельно варьируют рабочие параметры микроскопа с целью получения отчетливых кадров образца. Далее студенты овладевают практически всеми известными видами обработки и анализа изображений, а также практически всеми известными режимами работы сканирующих зондовых микроскопов. Получение качественных кадров в разных режимах и в сканирующем туннельном микроскопе, и в сканирующем атомно-силовом микроскопе до и после обработки, являются оценочными требованиями к освоению данной учебной дисциплины.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Согласно ОП подготовки магистров по направлению 03.04.03 «Радиофизика» и рабочему учебному плану (РУП) по дисциплине «Физика наночастиц и методы их исследования» отводится:

общий объем часов по дисциплине	144 (всего 4 ЗЕТ);
в том числе аудиторных часов	54;
контактных часов	55,2.

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_144_
Аудиторные занятия	54
Лекции	18
Лабораторные занятия	36
Семинарские занятия	0
Самостоятельная работа студентов	52,8
Контроль самостоятельной работы (КСР)	36
Виды контроля	экзамен

Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины _____ Физика наночастиц и методы их исследования _____ на _____ 1 _____
 семестр

(наименование дисциплины)

Б1.В.ОД.4

Рабочую программу осуществляют:

Зачетных единиц трудоемкости (ЗЕТ) _4_

Учебных часов:

лекций 18 (1 семестр)

Лекции: профессор кафедры физической
электроники и нанопластики, д.ф.-м.н.

лабораторных 36 (1 семестр)

Бахтизин Р.З.

(должность, уч. степень, ф.и.о.)

самостоятельная работа студентов 52,8

КСР 36 (1 семестр)

В том числе контактных часов 55,2

Лабораторные занятия: доцент кафедры
кафедры физической электроники и
нанопластики, к.ф.-м.н.

Шарипов Т.И.

(должность, уч. степень., ф.и.о.)

1 семестр

№ п/п.	Тема и содержание	Форма изучения материала	Кол-во часов	Основная и дополн. литерат.	Задания по самост. работе студентов	Кол-во часов самост. работы	Форма контроля самост. работы
1	Введение. Определение и классификация наночастиц. Основные методы исследования и диагностики наночастиц.	Лекции	1	Л. 1 Л. 2; Л. 10	По списку заданий	2	
2	Тема 1. Электронная и ионная микроскопия . Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Электроннография. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Использование электронных пучков для микроанализа.	Лекции Лабораторные занятия	10	Л. 1 Л. 9 Л. 11	Индивидуальные задания	8	Отчет к лабор. работе Р. Э. ДЗ
3	Сканирующая зондовая микроскопия История создания сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Границы применения СЗМ на шкале размеров; сравнение возможностей с другими методами (ПЭМ, оптические микроскопы); применение СЗМ в различных областях: материаловедение, нанотехнологии, биология, медицина,..	Лекции Лабораторные занятия	1 2	Л. 1 Л. 2 Л. 3 Л. 4 Л. 6	Индивидуальные задания	5 10	Текущие проверки конспектов прочитанной литературы.

4	<p>Методики: сканирующая силовая микроскопия и спектроскопия Сканирующая туннельная микроскопия; атомно-силовая микроскопия (АСМ); принцип вычисления силового взаимодействия между острием и плоскостью в АСМ; - зонды АСМ; влияние параметров острия АСМ на пространственное разрешение; разрешение в АСМ. Главные трудности, возникающие при определении характеристик объектов, исследуемых методом АСМ. Влияние неопределенности параметров острия АСМ на измеряемые параметры Основные методы обработки изображений в атомно-силовой микроскопии. Деконволюция и экспериментальное определение формы острия зонда. - двухпроходные методики; силовая спектроскопия; нанолитография. - Спектроскопия межатомных взаимодействий в АСМ.</p>	Лекции Лабораторные занятия	4 6				Отчет к лабор. работе ЛР Коллоквиум
5	<p>Принципы работы приборов СЗМ Общая схема работы СЗМ: - СЗМ зонд с обратной связью; схема работы СТМ; варианты сканирования образцом или зондом; - конструкции приборов: сканеры, виброзащита, оптические схемы; - формирование и обработка СЗМ изображений.</p>	Лекции Лабораторные занятия	4 4				Отчет к лабор. работе ЛР Коллоквиум
6	<p>Приложения в биологии и физике Исследование гетероструктур и нанообъектов – исследование молекул (белков, ДНК) – исследование клеток и межмолекулярных взаимодействий – исследование вязкоупругих свойств биологических объектов</p>	Лекции Лабораторные занятия	4 2				Отчет к лабор. работе ЛР РГЗ. Э. РС
7	<p>Перспективы развития СЗМ Проблемы и ограничения в СЗМ – различные схемы конструкции СЗМ – новые методики СЗМ и комбинирование с другими методами</p>	Лекции Лабораторные занятия	3 2				Отчет к лабор. работе ЛР

Семинары и лабораторные работы указываются только при их наличии в учебном плане (приложение 6). Остальные позиции заполняются в обязательном порядке. Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости: 1. Защита лабораторной работы (ЛР); 2. Расчетно-графическое задание (РГЗ); 3. Домашнее задание (ДЗ); 4. Реферат (Р); 5. Эссе (Э); 6. Коллоквиум (К); 7. Рейтинговая система (РС); 8. Обсуждение (Об).

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При изучении дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

Самостоятельная работа с литературой. Темы для самостоятельного изучения приведены в рабочей программе по каждому модулю с указанием параграфов основной и дополнительной литературы, в достаточном количестве содержащейся в библиотеке. Контроль данной работы проходит в начале каждого лекционного занятия в течение 10-15 минут по тестовым заданиям.

Самостоятельная подготовка по материалам лекций к прохождению промежуточного и рубежного контроля. Вопросы по данным видам контроля приведены в соответствующей главе и выдаются студентам заблаговременно. Контроль данной работы проходит в начале каждого лекционного занятия в течении 10-15 минут по тестовым заданиям.

Самостоятельная работа по подготовке к лабораторной работе, включающая в себя изучение теоретического материала, планирование эксперимента, подготовку экспериментального журнала. Необходимый методический материал приведен в Методических указаниях к лабораторной работе, выдаваемых студенту преподавателем заранее. Перечень методических указаний приведен в пункте дополнительной литературы. Контроль данной работы проходит в начале каждого лабораторного занятия в течении 10-15 минут в виде допуска по результатам рабочей дискуссии микро группы студентов, совместно выполняющих данный физический эксперимент.

Самостоятельная работа по математической обработке и анализу полученных результатов, подготовке отчета и ответа на контрольные вопросы. Контроль данной работы проходит на лабораторном занятии в виде защиты отчета и ответа на контрольные вопросы.

На семинарских занятиях будут решаться типовые задачи по изучаемым темам. Самостоятельная работа студентов предполагает решение задач домашнего задания. При этом студенты должны быть готовы к показу задачи в аудитории при разборе и анализе домашних задач.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Контрольно-оценочные материалы, формы и критерии контроля знаний

Текущая, промежуточная и итоговая аттестация проводится по модульно-рейтинговой системе согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов

Текущий контроль - это контроль над всеми видами аудиторной и внеаудиторной работы студентов по данному дисциплинарному модулю, результаты которой оцениваются до рубежного контроля.

Текущий контроль по теоретическому материалу части модуля (лекционному и материалу самостоятельного изучения) проводится в форме тестового опроса или в виде письменного блиц - опроса по 6 вопросам, требующим краткого ответа. Это основные определения, физические понятия, законы и теоремы, вопросы на понимание физической сути изучаемых явлений. Каждый вопрос оценивает как часть от максимального балла, назначенного на данный текущий контроль. В зависимости от объема модуля проводится 1-2 текущих контроля. Список вопросов к каждому текущему контролю выдается студентам заранее.

Текущий контроль по лабораторным занятиям проводится в виде отметки о выполнении работы (2 балла) и защиты отчета по лабораторным работам (2 балла). Проводится текущий контроль по семинарским занятиям.

Рубежный контроль – проверка полноты знаний и умений по материалу модуля в целом.

Рубежный контроль проводится в форме тестового опроса или в виде письменного блиц - опроса по 10 вопросам, требующим краткого ответа. Каждый вопрос оценивается как часть от максимального балла, назначенного на рубежный контроль. Вопросы охватывают материал целого модуля и также включают темы лекционных занятий и самостоятельной работы.

По результатам суммарного текущего контроля по всем видам учебной деятельности и рубежного контроля выставляется промежуточный контроль.

Итоговый контроль – форма контроля, проводимая по завершении изучения дисциплины в семестре.

Итоговый контроль проводится в форме экзамена по теоретическому материалу.

6.2. Критерии оценки итогового контроля.

При приеме экзамена используются следующие критерии.

(30 баллов)

Ответ на вопрос должен показать глубокие, прочные знания студента. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать современные данные науки. Студент должен устанавливать причинно-следственные связи, применять знания в новой ситуации. Студент должен продемонстрировать умение делать аргументированные выводы.

(20 баллов)

Ответ студента должен показать глубокие, прочные знания. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать данные современной науки. Студенту необходимо устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов объективности и научности. В ответе допускаются отдельные несущественные неточности.

(10 баллов)

Ответ на вопросы должен показать знания поставленных вопросов. Необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, фактический материал, использовать данные современной науки. В ответе могут допускаться существенные ошибки и неточности.

(0 баллов)

Ответ на поставленные вопросы показывает незнание его содержания, основных понятий, терминов. Студент не умеет устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов научности и объективности, анализировать указанные источники. Ответ студента не соответствует вопросу, а так же при отсутствии ответа и при отказе от ответа.

При изучении дисциплины «СЗМ» текущий контроль осуществляется в виде письменных работ (16 баллов за семестр); допуска, выполнение лабораторных работ, оформление отчета (24 балла). Всего за семестр 40 баллов. Рубежный контроль проводится в форме коллоквиума (5 баллов); тестирования (5 баллов); проведения контрольных работ (8 баллов); защиты отчетов по лабораторным работам (12 баллов). Всего за семестр 30 баллов. По учебному плану итоговый контроль проводится в форме экзамена (30 баллов).

Преподаватель может поощрить студентов за участие в научных конференциях, конкурсах, олимпиадах, за активную работу на аудиторных занятиях, за публикации статей, за работу со школьниками, выполнение заданий повышенной сложности в виде поощрительных баллов (до 10 баллов за семестр).

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично - от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо - от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно - от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно - менее 45 баллов.

6.3. Список лабораторных работ

1. Приготовление образцов наночастиц.
2. Сборка и запуск сканирующего туннельного микроскопа.
3. Сборка и запуск контактного атомно-силового микроскопа (АСМ).
4. Методы обработки и анализа кадров (сканов).
5. Методики получения физических характеристик образцов наночастиц.

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

5.1. 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]. Р.З. Бахтизин и Р.Р. Галлямов. *Физические основы сканирующей зондовой микроскопии*. Уфа: БашГУ. 2004.

5.2. Дополнительная

- [3]. L.E. Murr. *Electron and Ion Microscopy and Microanalysis. Principles and applications*. 2nd Edit. NY-Basel-Hong Kong: 1991.
- [4]. Р.З. Бахтизин. Сканирующая туннельная микроскопия – новый метод изучения поверхности твердых тел. *Соросовский Образовательный Журнал*. 2000. № 8.
- [5]. Р.З. Бахтизин, К.-К. Щуе, Т. Хашицуме и Т. Сакурай. *УФН*. 1997. Т. **167**. №11. С.1227.
- [6]. Р.З. Бахтизин. Голубые диоды. *Соросовский Образовательный Журнал*. 2001. № 3. С. 75.
- [7]. Р.З. Бахтизин, К.-К. Щуе, Ю. Хасегава, Т. Сакурай. *ЖЭТФ*. 2000. Т. **113**. Вып. 11. С. 1153.
- [8]. Р.З. Бахтизин, Ч.-Ж. Щуе, Ч.-К. Щуе, К.-Х. Ву, Т. Сакурай. *УФН*. 2004. Т. **174**. №4. С.383.
- [9]. В.Л. Миронов. *Основы сканирующей зондовой микроскопии*. Нижний Новгород: ИФМ РАН. 2004.
- [10]. Б.А. Логинов. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия: учебно-методическое пособие. –М.: МИФИ, 2008, 224 с.

Информационное обеспечение дисциплины

- **Программное обеспечение:**
 1. Программное обеспечение для управления сканирующим зондовым микроскопом «Scan Master»
(разработка МИЭТ).
- **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**
 1. Портал ЭМИРС <http://mocnit.miee.ru/orocs-miet/scripts/index.pl>
 2. Статьи из российских научных журналов. Адрес библиотеки: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
 3. Реферативная база CSA (Cambridge Scientific Abstracts). www.csa.com

4. Статьи из журналов американского физического общества. <http://prola.aps.org>
 5. Статьи из журналов издательства Nature Publishing Group. <http://www.nature.com>

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению предмета, следует ознакомиться с учебной программой курса.

- Каждый раздел и подраздел курса должен быть кратко законспектирован.
- После проработки каждого раздела курса по конспектам лекций и по рекомендованным учебным пособиям необходимо ответить на контрольные вопросы, помещенные в конце каждой темы учебного пособия.
- Преподаватель проводит в конце каждого семестра собеседование со студентами по конспектам лекций и других записей.
- Отчеты по лабораторным работам оформляются на компьютере индивидуально каждым студентом. Все графические и численные результаты формируются в виде цифровых копий экрана. Полученные на лабораторных занятиях результаты переписываются на индивидуальные съемные носители.
- По каждому заданию лабораторной работы в отчете должны быть сформулированы аргументированные выводы. Не допускается ограничиваться выводами не по существу. Например, не следует использовать фразы со словами «Выполнили ...», «Изучили ...», «Освоили ...», «Узнали ...» и т.п.
- 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.
- При защите каждой лабораторной работы студент должен показать следующее:
 Степень усвоения теоретического материала;
 Практические навыки выполнения компьютерных расчетов по изученным теоретическим зависимостям;
 Умение расчетов погрешностей измерений, связанные с цифровой обработкой измерительной информации и особенностями выбранных систем управления;
 Объем и полноту изучения рекомендованных литературных источников.

6. 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
1	2	3
Аудитория 313		Доска, мел, мультимедийный проектор, акустическая система, экран; учебная и

		научная литература по курсу; видеозаписи, связанные с программой курса, компьютерные демонстрации, технические возможности для их просмотра и прослушивания, программы: Windows, MS Power Point
Лаборатория №313	Лекции Лабораторные работы	Для проведения лабораторного практикума предназначена лаборатория, укомплектованная лабораторными стендами, измерительными приборами (осциллографы, мультиметры, и т.д.), генераторами электрических колебаний, источниками питания, паяльными станциями. Наличие компьютерных программ общего назначения. Лабораторный стенд для изучения основ векторной литографии.
Лаборатория №312 - НОЦ «Нанопластики и нанотехнологий»	Лабораторные работы	Сканирующие зондовые микроскопы Solver P47 и Ntegra-Prima. Персональные компьютеры с программным обеспечением для обработки СЗМ-изображений