

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

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
общей физики
протокол №6 от «2» марта 2022 г.

Зав. кафедрой  /М.Х. Балапанов

СОГЛАСОВАНО
И.о. директора физико-технического
института



/И.Ф. Шарафуллин

«2» марта 2022 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ
В АСПИРАНТУРЕ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ

Зондовые методы изучения поверхностей твёрдых тел

(наименование дисциплины)

Вариативная часть, дисциплина по выбору

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

**Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия**

**Направленность подготовки
«Физика конденсированного состояния»**

Квалификация
«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения
Очная, заочная

Уфа 2022 г.

Разработчик (составитель):

_____ /д.ф.-м.н., профессор Юмагузин Ю.М.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики,
протокол № 6 от 2 марта 2022 г.

Зав. кафедрой



/М.Х. Балапанов

Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5 (13)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
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	6
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	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	11
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	11
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	11
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	12
<i>Приложение №1</i>	13
<i>Приложение №2</i>	15

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

При изучении дисциплины «Зондовые методы изучения поверхностей твёрдых тел» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ПК-1: способность к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач физики конденсированного состояния

ПК-2: способность формулировать задачи теоретического и прикладного характера в рамках физики конденсированного состояния

ПК-3: готовность использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований, а также планировать и проводить экспериментальные исследования, а также анализировать экспериментальные данные

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (код)	Примечание
Знания	1. Знать основные характеристики и параметры поверхности твердых тел	ПК-1	
	2. Знать физические основы методов сканирующей зондовой микроскопии	ПК-2	
	3. Знать и уметь интерпретировать получаемые изображения и данные исследований для различных методик сканирующей зондовой микроскопии	ПК-3	
Умения	1. Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	ПК-1, ПК-2	
	2. Умение выбирать подходящую методику СЗМ для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	ПК-1, ПК-3	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.	ПК-2, ПК-3	
	2. Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	ПК-1, ПК-3	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Зондовые методы изучения поверхностей твёрдых тел» относится к части дисциплин по выбору рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 3-м курсе в 6-м семестре при дневной форме обучения, в 5-6 семестрах при заочной форме обучения.

Целью учебной дисциплины «Зондовые методы изучения поверхностей твёрдых тел» является выработка у аспиранта корректных представлений о применении методов атомно-силовой микроскопии, сканирующей туннельной микроскопии и других видов зондовой микроскопии для исследования поверхности твердых тел с нанометровым разрешением.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, предварительно сформированные в рамках изучения дисциплин бакалавриата и магистратуры по направленности «Физика конденсированного состояния».

Чтобы освоить необходимые компетенции по дисциплине «Зондовые методы изучения поверхностей твёрдых тел», аспирант должен знать основные понятия и законы физики твердого тела, основные понятия физики поверхности. Аспирант должен иметь представления об основных средствах измерений в лабораторном физическом практикуме, уметь пользоваться электроизмерительными приборами в рамках лабораторного физического практикума, иметь навыки расчетов погрешностей прямых и косвенных измерений.

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

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1 (очная форма обучения), в Приложении № 2 (заочная форма обучения).

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ПК-1: способность к построению корректных математических моделей и численных алгоритмов решения задач физики конденсированного состояния

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень)	1. Знать основные характеристики и параметры поверхности твердых тел	не знает	Обладает фрагментарными знаниями, делает грубые ошибки	Обладает систематическими знаниями, возможны небольшие ошибки	Обладает полностью сформированными знаниями
Второй этап (уровень)	1. Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них 2. Умение выбирать подходящую методику СЗМ для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	не умеет	Обладает фрагментарными умениями, делает грубые ошибки	Обладает систематическими умениями, возможны небольшие ошибки	Обладает полностью сформированными умениями
Третий этап (уровень)	Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	не владеет навыками	Владеет навыками, но совершает существенные ошибки	Владеет навыками, но совершает небольшие ошибки	Владеет навыками в совершенстве

ПК-2: способность формулировать задачи теоретического и прикладного характера в рамках физики конденсированного состояния:

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень)	1. Знать физические основы методов сканирующей зондовой микроскопии	не знает	Обладает фрагментарными знаниями, делает грубые ошибки	Обладает систематическими знаниями, возможны небольшие ошибки	Обладает полностью сформированными знаниями

Второй этап (уровень)	1. Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	не умеет	Обладает фрагментарными умениями, делает грубые ошибки	Обладает систематическими умениями, возможны небольшие ошибки	Обладает полностью сформированными умениями
Третий этап (уровень)	1. Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.	не владеет навыками	Владеет навыками, но совершает существенные ошибки	Владеет навыками, но совершает небольшие ошибки	Владеет навыками в совершенстве

ПК-3: готовность использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований, а также планировать и проводить экспериментальные исследования, а также анализировать экспериментальные данные

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень)	1. Знать и уметь интерпретировать получаемые изображения и данные исследований для различных методик сканирующей зондовой микроскопии	не знает	Обладает фрагментарными знаниями, делает грубые ошибки	Обладает систематическими знаниями, возможны небольшие ошибки	Обладает полностью сформированными знаниями
Второй этап (уровень)	1. Умение выбирать подходящую методику СЗМ для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	не умеет	Обладает фрагментарными умениями, делает грубые ошибки	Обладает систематическими умениями, возможны небольшие ошибки	Обладает полностью сформированными умениями
Третий этап (уровень)	1. Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии. 2. Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	не владеет навыками	Владеет навыками, но совершает существенные ошибки	Владеет навыками, но совершает небольшие ошибки	Владеет навыками в совершенстве

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

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать основные характеристики и параметры поверхности твердых тел	ПК-1	письменные ответы на вопросы
	2. Знать физические основы методов сканирующей зондовой микроскопии	ПК-2	письменные ответы на вопросы, практическая работа
	3. Знать и уметь интерпретировать получаемые изображения и данные исследований для различных методик сканирующей зондовой микроскопии	ПК-3	письменные ответы на вопросы, практическая работа
2-й этап Умения	1. Использовать знания, полученные при изучении физических основ метода сканирующей зондовой микроскопии, при исследовании структуры конденсированных сред и процессов в них	ПК-1, ПК-2	письменные ответы на вопросы, практическая работа
	2. Умение выбирать подходящую методику СЗМ для исследования конкретного типа поверхности твердого тела	ПК-1, ПК-3	письменные ответы на вопросы, практическая работа
3-й этап Владеть навыкам и	1. Владеть навыками проведения исследований структуры конденсированных сред и процессов в них с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.	ПК-2, ПК-3	письменные ответы на вопросы, практическая работа
	2. Владеть навыками использования научных программ, реализующих метод сканирующей зондовой микроскопии и анализа атомной структуры твердых тел по результатам моделирования.	ПК-1, ПК-3	письменные ответы на вопросы, практическая работа

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение:

1. Электрические свойства диэлектриков. Пьезоэлектричество.
2. Электромагнитная индукция. Электродвигатели.
3. Упругость твердых тел, упругая сила.
4. Способы цифровой фильтрации.
5. Фурье преобразование – прямое и обратное.
6. Электронная структура поверхности.
7. Туннелирование электронов через барьер.
8. Магнитные свойства материалов.

Практические занятия по дисциплине и порядок их проведения

Практические занятия предусматривают работу на сканирующем туннельном микроскопе и атомно-силовом микроскопе.

Практические занятия требуют предварительной подготовки. Получив у преподавателя тему работы аспирант должен проработать теоретический материал по данной работе (лекционный либо по учебной литературе); спланировать выполнение 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 примерная тематика лабораторных работ:

1. Получение первого СЗМ изображения.
2. Обработка и количественный анализ СЗМ изображений.
3. Исследование поверхности твердых тел полуконтактным методом атомно-силовой микроскопии.
4. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.
5. Изготовление зондов для СЗМ методом электрохимического травления.
6. Исследование поверхности т.т. методами сканирующей туннельной микроскопии.
7. 2D и 3D представление СЗМ изображения.

По итогам каждой практической работы оформляется отчет, который сдается преподавателю.

Требования к отчету

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 практической 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, компьютерной обработки результатов.

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

Обязательное требование к обучающимся – 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 было пропущено занятие, материал необходимо проработать по рекомендуемой литературе, чтобы получить допуск к зачету.

Зачет является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Примерные вопросы для зачета:

1. Техника сканирующей зондовой микроскопии.
2. Сканирующие элементы зондовых микроскопов.
3. Недостатки сканеров (нелинейность, крип, гистерезис).
4. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца.
5. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий.
6. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью
7. Формирование и обработка СЗМ изображений.
8. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера
9. Фильтрация СЗМ изображений
10. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению
11. Сканирующая туннельная микроскопия.
12. Зонды для туннельных микроскопов
13. Измерение локальной работы выхода в СТМ
14. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта.
15. ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник
16. Туннельная спектроскопия
17. Система управления СТМ
18. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов
19. Атомно-силовая микроскопия.
20. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов
21. Контактная атомно-силовая микроскопия
22. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом
23. Система управления АСМ при работе кантилевера в контактном режиме
24. Колебательные методики АСМ, вынужденные колебания кантилевера
25. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ
26. Электросиловая микроскопия.
27. Магнитно-силовая микроскопия.
28. Квазистатические методики МСМ, колебательные методики МСМ.
29. Система управления АСМ, ЭСМ, МСМ (колебательные методики).

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

Основная литература:

1. [Миронов, В. Л.](#) Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. пособие / В. Л. Миронов ; РАН, Ин-т физики микроструктур .— М : Техносфера, 2005 .— 144 с. (15 экз.)
2. С.А. Рыков - "Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур", СПб, Наука, 2001, 53 с. (3 экз.)
3. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия : учеб. пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов .— Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. Ч. 1 [Электронный ресурс] .— 134 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему "Университетская библиотека online" .— ISBN 978-5-7782-2158-1 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943&sr=1>>.

Дополнительная литература:

4. Троян, В. И. Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела [Электронный ресурс] / В.И. Троян ; М.А. Пушкин ; В.Д. Борман ; В.Н. Тронин .— Москва : МИФИ, 2008 .— 258 с. — ISBN 978-5-7262-1020-3 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237998>>.
5. Бахтизин Р.З.. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие / Р. З. Бахтизин., Р. Р. Галлямов .— Уфа : РИО БашГУ, 2003 .— 84 с. — Допущ. УМС по физике УМО по классическому университетскому образованию в качестве учеб. пособия для студ. вузов, обучающихся по специальности 010400-Физика .— Библиогр.: с. 81-82 .— ISBN 5-7477-0863-5. [90 экз.]

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

1. «Электронная библиотека БашГУ» <https://elib.bashedu.ru>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>
4. Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://elibrary.ru/>
5. Web of Science Core Collection <http://apps.webofknowledge.com/>
6. Scopus <http://www.scopus.com/>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>);
8. <http://www.ufn.ru/russian/> - журнал «Успехи Физических Наук» (УФН) - открытый доступ, рубрики «Новости», «Физика наших дней», «Методические заметки» написаны в популярной форме.
9. <http://www.aip.org/pt/> - журнал «Physics Today» (на английском, открытый доступ).
10. <http://ru.arxiv.org/> - основной международный архив физических статей в форме электронных препринтов (e-print archive) для профессионалов (на английском, открытый доступ). Популярные и методические рубрики: Physics Education, Physics and Society, Popular Physics.

Программное обеспечение:

1. Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition.
2. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL Academic Edition.
3. Браузер Google Chrome (лицензия BSD, свободное программное обеспечение).

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
1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 318 (физмат корпус – учебное).	Лекции, зачет	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска, Программное обеспечение: 1. Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. 2. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL Academic Edition.
2. Аудитория 118 (физмат корпус – учебное)	Практические занятия, групповые и индивидуальные консультации	СЗМ Наноэдыюкатор II (4 рабочих места), учебная мебель
3. Читальный зал № 2 (физмат корпус)	Самостоятельная работа	1. Научный и учебный фонд. 2. Научная периодика. 3. ПК (моноблок) - 3 шт. 4. Неограниченный доступ к ЭБС и БД. 5. Количество посадочных мест – 58. 6. ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет.

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины « Зондовые методы изучения поверхностей твёрдых тел» на
 6 семестр
 (наименование дисциплины)
 очная
 форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	8
лекций	2
практических/ семинарских	4
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (КСР)	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	64
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	2

Форма контроля:
 зачет 6 семестр

Таблица 3

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сканирующие элементы зондовых микроскопов. Недостатки сканеров (нелинейность, крип, гистерезис). Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью Формирование и обработка СЗМ изображений. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера.	1		16	[1]; [2], Введение 2, § 1.1-1.4 3 (с.60-69) 4, гл.2 2, § 4.1-4.7	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы
2	Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение локальной работы выхода в СТМ. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта. ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник. Туннельная спектроскопия Система управления сканирующего туннельного микроскопа. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов.		2	16	3, гл. 3 4, гл.5 [2], 2, § 5.1-5.3 3, гл. 3 4, гл.5 [2],	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы, практическая работа
3	Атомно-силовая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Система управления АСМ при работе кантилевера в контактном режиме. Колебательные методики АСМ, вынужденные колебания кантилевера. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ		2	16	2, § 2, 3.1-3.6, 3.9 3, гл. 3	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы, практическая работа
4	Электросиловая микроскопия (ЭСМ). Принцип работы ЭСМ. Магнитно-силовая микроскопия (МСМ). Квазистатические методики МСМ, колебательные методики МСМ.	1		18	4, гл.5 [2], 2, § 6.1-6.3	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы
ИТОГО		2	4	66			зачет

Приложение № 2

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины _____ «Зондовые методы изучения поверхностей твёрдых тел»

на _____ 5, 6 _____ семестр

(наименование дисциплины, семестр)

_____ заочная _____

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	10
лекций	2
практических/ семинарских	
лабораторных	4
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (КСР)	4
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	58
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	2

Форма контроля:

зачет _____ 6 _____ семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сканирующие элементы зондовых микроскопов. Недостатки сканеров (нелинейность, крип, гистерезис). Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью Формирование и обработка СЗМ изображений. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера.	1		15	[1]; [2], Введение 2, § 1.1-1.4 3 (с.60-69) 4, гл.2 2, § 4.1-4.7	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы
2	Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение локальной работы выхода в СТМ. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта. ВАХ контакта металл-металл, ВАХ контакта металл-полупроводник. Туннельная спектроскопия Система управления сканирующего туннельного микроскопа. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов.		2	15	3, гл. 3 4, гл.5 [2], 2, § 5.1-5.3 3, гл. 3 4, гл.5 [2],	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы, практическая работа
3	Атомно-силовая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Система управления АСМ при работе кантилевера в контактном режиме. Колебательные методики АСМ, вынужденные колебания кантилевера. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ		2	15	2, § 2, 3.1-3.6, 3.9 3, гл. 3	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы, практическая работа
4	Электросиловая микроскопия (ЭСМ). Принцип работы ЭСМ. Магнитно-силовая микроскопия (МСМ). Квазистатические методики МСМ, колебательные методики МСМ	1		15	4, гл.5 2, § 6.1-6.3 [2],	Изучение рекомендуемой литературы	письменные ответы на вопросы
	ИТОГО	2	4	60			зачет

