

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

Актуализировано:
на заседании кафедры общей физики
протокол № 8 от «16» июня 2017 г.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой



/Балапанов М.Х.



_____/Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина

Сканирующая зондовая микроскопия

(наименование дисциплины)

_____ базовая _____

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

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

«Физика конденсированного состояния вещества»

(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

бакалавр

| | |
|---|-----------------------------|
| <p>Разработчики (составители)</p> <p><u>профессор, д.ф.-м.н., профессор</u></p> <p><i>(должность, ученая степень, ученое звание)</i></p> <p>)</p> | <p>_____, Юмагузин Ю.М.</p> |
|---|-----------------------------|

Для приема: 2016 г.

Уфа 2017 г.

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

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры общей физики «16»
июня 2017 г., протокол № 8

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на
заседании кафедры общей физики: протокол № 6 от «6 » июня 2018 г.

Заведующий кафедрой



Балапанов М.Х.

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:

ОПК-3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

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 базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики | ОПК-3 ПК-1 | |
| | 2. Знать основные характеристики и параметры поверхности твердых тел | | |
| | 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 «Сканирующая зондовая микроскопия» относится к части дисциплин по выбору рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 4-м курсе в 7-м семестре при дневной форме обучения

Целью учебной дисциплины «Сканирующая зондовая микроскопия» является выработка 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 по направленности «Физика конденсированного состояния».

Чтобы освоить необходимые компетенции по дисциплине «Сканирующая зондовая микроскопия», студент должен знать основные понятия и законы физики твердого тела, основные понятия физики поверхности. Студент 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 |

4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

Билет состоит из двух теоретических вопросов.

Примерные вопросы для экзамена:

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
29. Система управления АСМ, ЭСМ, МСМ (колебательные методики).

Пример экзаменационного билета:

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»

Физико-технический институт

Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Сканирующая зондовая микроскопия»

Направление 03.03.02 «ФИЗИКА»

Профиль «Физика конденсированного состояния вещества»

- 1 Техника сканирующей зондовой микроскопии.
 2. . Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта.
- «Утверждаю»

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

Балапанов М.Х.

(Ф.И.О.)

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.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов по общей физике. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

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.

Критерии оценивания ответа на экзамене:

Максимальная оценка – 30 баллов складывается из оценки за ответ на теоретические вопросы билета (два вопроса оцениваются максимально по 9 баллов каждый), из оценки за решение задачи (6 баллов) и оценок за ответы на дополнительные вопросы (два вопроса, оцениваемых каждый в 3 балла максимально).

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.

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.

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

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.) С.А. Рыков - "Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур", СПб, Наука, 2001, 53 с. (3 экз.)
2. 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:

3. 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>>.
4. 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. <i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</i> 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 ____ «Сканирующая зондовая микроскопия» ____ на ____7____ семестр
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

| Вид работы | Объем дисциплины |
|---|-------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов) | 5/180 |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем: | 91,7 |
| лекций | 18 |
| практических/ семинарских | 36 |
| лабораторных | 36 |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | 1,7 |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР) | 54 |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль) | 34,8 |

Форма контроля:

экзамен ____7____ 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

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины « Сканирующая зондовая микроскопия»

на 7 семестр

(наименование дисциплины, семестр)

очная

форма обучения

| Вид работы | Объем дисциплины |
|---|-------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов) | 5/180 |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем: | 91,7 |
| лекций | 18 |
| практических/ семинарских | 36 |
| лабораторных | 36 |
| 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) | 34,8 |

Форма контроля:

Экзамен 7 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/ЛАБ | СРС | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Модуль 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. | 6 | 18 | 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. | 6 | 18 | 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 | Модуль 2 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 | 4 | 18 | 14 | 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 | 4 | 18 | 14 | 4, гл.5 2, § 6.1-6.3 [2], | Изучение рекомендуемой литературы | письменные ответы на вопросы |
| | ИТОГО | 18 | 72 | 58 | | | зачет |

Рейтинг – план дисциплины**«Сканирующая зондовая микроскопия»**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика», профиль «Физика конденсированного состояния вещества»
курс 4, семестр 7

| Виды учебной деятельности студентов | Балл за конкретное задание | Число заданий за семестр | Баллы | |
|--|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------|
| | | | Минимальный | Максимальный |
| Модуль 1 « | | | | |
| Текущий контроль | | | | |
| Письменная работа | 4 | 5 | 0 | 10 |
| Лабораторная работа | 4 | | | 10 |
| Рубежный контроль | | | | |
| 1. Контрольная работа | 5 | 3 | 0 | 15 |
| ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1 | | | 0 | 35 |
| Модуль 2» | | | | |
| Текущий контроль | | | | |
| Письменная работа | 4 | 5 | 0 | 10 |
| Лабораторная работа | 4 | | | 10 |
| Рубежный контроль | | | | |
| 1. Контрольная работа 2 | 3 | 5 | 0 | 15 |
| ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2 | | | 0 | 35 |
| Поощрительные баллы | | | | |
| Участие в олимпиадах по общей физике | | | 0 | 10 |
| Итого поощрительных баллов | | | 0 | 10 |
| Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов) | | | | |
| 1. Посещение лекционных занятий | | | 0 | -6 |
| 2. Посещение практических занятий | | | 0 | -10 |
| Итоговый контроль | | | | |
| Экзамен | | | | 30 |