

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Мордовский государственный педагогический  
университет имени М.Е. Евсевьева»**

Физико-математический факультет

Кафедра физики и методики обучения физике

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Наименование дисциплины (модуля): Основы сканирующей  
зондовой микроскопии

Уровень ОПОП: Бакалавриат

Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя  
профилями подготовки)

Профиль подготовки: Физика. Информатика Форма обучения: Очная

Разработчики:

Карпунин В. В., канд. физ.-мат. наук, доцент

Булатов И.К., старший преподаватель

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры, протокол  
№ 11 от 27.04.2016 года

Зав. кафедрой  Абушкин Х. Х.

Программа с обновлениями рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры, протокол № 11 от 16.04.2020 года

Зав. кафедрой  Хвастунов Н. Н.

Программа с обновлениями рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры, протокол № 1 от 01.09.2020 года

Зав. кафедрой  Харитонова А. А.

## **1 Цель и задачи изучения дисциплины**

Цель изучения дисциплины - заключается в формировании целостного представления о принципе работы сканирующих зондовый микроскопов с теоретической точки зрения и об экспериментальных способах исследования нанообъектов.

Задачи дисциплины:

- заключается обучению студента полному процессу работы за сканирующим зондовым микроскопом.

## **2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина Б1.В.ДВ.24.02 «Основы сканирующей зондовой микроскопии» относится к вариативной части учебного плана.

Дисциплина изучается на 5 курсе, в 10 семестре.

Для изучения дисциплины требуется: обучение и воспитание в сфере образования в соответствии с требованиями образовательных стандартов;

Изучению дисциплины Б1.В.ДВ.24.02 «Основы сканирующей зондовой микроскопии» предшествует освоение дисциплин (практик):

Б1.Б.13 Естественнаучная картина мира.

Освоение дисциплины Б1.В.ДВ.24.02 «Основы сканирующей зондовой микроскопии» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Б1.В.17.06 Статистическая физика и термодинамика.

Область профессиональной деятельности, на которую ориентирует дисциплина «Основы сканирующей зондовой микроскопии», включает: образование, социальную сферу, культуру.

Освоение дисциплины готовит к работе со следующими объектами профессиональной деятельности:

- обучение;
- воспитание;
- развитие;
- просвещение;
- образовательные системы.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

## **3 Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций. Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК) в соответствии с видами деятельности:

| <b>ПК-12 способностью руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся</b> |                                                                      |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--|
| <b>педагогическая деятельность</b>                                                      |                                                                      |  |
| ПК-12 способностью руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся        | знать:                                                               |  |
|                                                                                         | - как руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся; |  |
|                                                                                         | уметь:                                                               |  |

|  |                                                                                                                                                                       |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | - эффективно руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся;<br>владеть:<br>- методами руководства учебно-исследовательской деятельностью обучающихся. |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                         | В<br>сего<br>часов | Де<br>сятый<br>семестр |
|--------------------------------------------|--------------------|------------------------|
| <b>Контактная работа (всего)</b>           | <b>4</b>           | <b>4</b>               |
| Лабораторные                               | 3<br>0             | 3<br>0                 |
| Лекции                                     | 1<br>4             | 1<br>4                 |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>      | <b>28</b>          | <b>2</b><br><b>8</b>   |
| <b>Виды промежуточной аттестации</b>       |                    |                        |
| Зачет                                      |                    | +                      |
| <b>Общая трудоемкость часы</b>             | <b>72</b>          | <b>7</b><br><b>2</b>   |
| <b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b> | <b>2</b>           | <b>2</b>               |

#### 5 Содержание дисциплины

##### 5.1 Содержание модулей

##### дисциплины Модуль 1. АСМ и СТМ:

Аппаратура АСМ и анализ. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме. Основы СТМ.

##### Модуль 2. АСМ. Литография:

Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Литография. Проблемы зондовой микроскопии.

##### 52 Содержание дисциплины: Лекции (14 ч.)

##### Модуль 1. АСМ и СТМ (6 ч.)

Тема 1. Аппаратура АСМ и анализ (2 ч.)

Аппаратура атомно-силового микроскопа. Анализ получаемых данных.

Тема 2. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме (2 ч.)

Ознакомление с теорией лабораторной работы. Изучение устройства приборов. Допуск к выполнению лабораторной работы. Выполнение лабораторной работы. Отчет по выполненной лабораторной работе

Тема 3. Основы СТМ (2 ч.)

Работа в режиме сканирующей туннельной микроскопии.

##### Модуль 2. АСМ. Литография (8 ч.)

Тема 4. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии (2 ч.)

Ознакомление с теорией лабораторной работы. Допуск к выполнению лабораторной работы. Выполнение лабораторной работы. Отчет по выполненной лабораторной работе

Тема 5. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов (2 ч.)

Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Технология изготовления зондовых датчиков АСМ.

Тема 6. Литография (2 ч.) Силовая литография

Тема 7. Проблемы зондовой микроскопии (2 ч.)

Крип пьезокерамики

### **53 Содержание дисциплины: Лабораторные (30 ч.)**

#### **Модуль 1. АСМ и СТМ (16 ч.)**

Тема 1. введение всзм (2 ч.)

1. Что такое «нано»?
2. Нанотехнологии – наука XXI века.
3. Задачи курса «Основы

нанотехнологий» Тема 2. nanoeducator (2 ч.)

1. Устройство микроскопа.
2. Подготовительная работа перед проведением исследования с

помощью микроскопа. Тема 3. атомно силовая микроскопия (2 ч.)

1. Реализация режима АСМ в NanoEducator.
2. Получение скана в режиме АСМ.

Тема 4. атомно силовая микр (2 ч.)

1. Реализация режима АСМ в NanoEducator.
2. Получение скана

в режиме АСМ. Тема 5. СТМ (2 ч.)

1. Реализация режима СТМ в NanoEducator.
2. Получение скана

в режиме СТМ. Тема 6. СТМ (2 ч.)

1. Реализация режима СТМ в NanoEducator.
2. Получение скана в режиме СТМ.

Тема 7. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов (2 ч.)

1. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Технология изготовления зондовых датчиков АСМ.

Тема 8. Аппаратура АСМ и анализ (2 ч.)

1. Аппаратура атомно-силового микроскопа. Анализ получаемых данных.

#### **Модуль 2. АСМ. Литография (14 ч.)**

Тема 9. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии (2 ч.)

Ознакомление с теорией лабораторной работы. Допуск к выполнению лабораторной работы. Выполнение лабораторной работы. Отчет по выполненной лабораторной работе

Тема 10. Проблемы зондовой микроскопии (2 ч.)

Крип пьезокерамики,

Тема 11. Сканирующие элементы зондовых микроскопов (2 ч.)

Сканеры зондовой микроскопии.

Тема 12. Управление и конструкция СТМ (2 ч.)

Особенности работы в режиме СТМ

Тема 13. Колебательные методики АСМ (2 ч.)

Вынужденные колебания кантилевера. Бесконтактный режим АСМ. Полуконтактный режим колебаний кантилевера АСМ

Тема 14. Вольт-амперные характеристики контактов (2

ч.) Вольт амперные характеристики

Тема 15. Сканирующая зондовая литография (2 ч.)

Ознакомление с теорией лабораторной работы. Изучение устройства приборов. Допуск к выполнению лабораторной работы. Выполнение лабораторной работы. Отчет по выполненной лабораторной работе

## **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **6.1 Вопросы и задания для самостоятельной работы Десятый семестр (28 ч.)**

#### **Модуль 1. АСМ и СТМ (14 ч.)**

Вид СРС: \*Подготовка к коллоквиуму Изучить материал лекций.

Вид СРС: \*Подготовка к лекционным занятиям, изучить материал предстоящей лабораторной работы, сделать расширенные рефераты по рассматриваемым темам.

#### **Модуль 2. АСМ. Литография (14 ч.)**

Вид СРС: \*Подготовка к коллоквиуму Изучить материал лекций

Вид СРС: \*Подготовка к лекционным занятиям изучить материал предстоящей лабораторной работы, сделать расширенные рефераты по рассматриваемым темам.

### **7. Тематика курсовых работ(проектов)**

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

## **8. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации**

### **8.1. Компетенции и этапы формирования**

| Коды компетенций | Этапы формирования      |                 |                             |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------|
|                  | Курс, семестр           | Формат контроля | Модули (разделы) дисциплины |
| ПК-12            | 5 курс, Десятый семестр | Зачет           | Модуль 1: АСМ и СТМ.        |
| ПК-12            | 5 курс, Десятый семестр | Зачет           | Модуль 2: АСМ. Литография.  |

Сведения об иных дисциплинах, участвующих в формировании данных компетенций: Компетенция ОПК-1 формируется в процессе изучения дисциплин:

Вариационные принципы в механике, Законы постоянного тока, Квантовая механика, Квантовая физика, Классическая механика, Методика обучения физике, Механика, Механика и молекулярная физика в примерах и задачах, Механика твердого тела, жидкостей и газов, Механические и тепловые свойства кристаллов, Механические

колебания и волны. Акустика, Оптика, Оптимизация и продвижение сайтов, Основы сканирующей зондовой микроскопии, Правоведение, Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности, Свойства жидкого состояния вещества, Статистическая физика и термодинамика, Физика атомного ядра и элементарных частиц, Физика твердого тела, Электричество и магнетизм, Электричество и оптика в примерах и задачах, Электродинамика и специальная теория относительности, Электромагнитные колебания как составная часть общей теории колебаний, Молекулярная физика и термодинамика.

Компетенция ПК-7 формируется в процессе изучения дисциплин:

Астрономия, Летняя педагогическая практика, Небесная механика, Основы микроэлектроники, Основы нанотехнологий, Основы сканирующей зондовой микроскопии, Педагогическая практика, Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, Практическая астрономия, Психология развития личности субъектов образования, Электротехнические и радиотехнические устройства.

## **82 Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания**

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

**Повышенный уровень:**

знает и понимает теоретическое содержание дисциплины; творчески использует ресурсы (технологии, средства) для решения профессиональных задач; владеет навыками решения практических задач.

**Базовый уровень:**

знает и понимает теоретическое содержание; в достаточной степени сформированы умения применять на практике и переносить из одной научной области в другую теоретические знания; умения и навыки демонстрируются в учебной и практической деятельности; имеет навыки оценивания собственных достижений; умеет определять проблемы и потребности в конкретной области профессиональной деятельности.

**Пороговый уровень:**

понимает теоретическое содержание; имеет представление о проблемах, процессах, явлениях; знаком с терминологией, сущностью, характеристиками изучаемых явлений; демонстрирует практические умения применения знаний в конкретных ситуациях профессиональной деятельности.

**Уровень ниже порогового:**

имеются пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, студент допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не способен продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

| Уровень сформированности компетенции | Шкала оценивания для промежуточной аттестации |         | Шкала оценивания по БРС |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|-------------------------|
|                                      | Экзамен (дифференцированный зачет)            | Зачет   |                         |
| Повышенный                           | 5 (отлично)                                   | зачтено | 90 – 100%               |

|                    |                            |            |          |
|--------------------|----------------------------|------------|----------|
| Базовый            | 4 (хорошо)                 | зачтено    | 76 – 89% |
| Пороговый          | 3<br>(удовлетворительно)   | зачтено    | 60 – 75% |
| Ниже<br>порогового | 2<br>(неудовлетворительно) | не зачтено | Ниже 60% |

#### Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

| Оценка     | Показатели                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Зачтено    | Студент знает: основные процессы изучаемой предметной области. Демонстрирует умение объяснять взаимосвязь событий. Владеет терминологией. Ответ логичен и последователен, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы, выводы доказательны.                                    |
| Не зачтено | Студент демонстрирует незнание основного содержания дисциплины, обнаруживая существенные пробелы в знаниях учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предлагаемых заданий; затрудняется делать выводы и отвечать на дополнительные вопросы преподавателя. |

### 83 Вопросы, задания текущего контроля

Модуль 1: АСМ и СТМ

ПК-12 способность руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся

1. устный опрос

Модуль 2: АСМ.

Литография

ПК-12 способность руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся

1. устный опрос

### 84 Вопросы промежуточной аттестации Десятый семестр (Зачет, ПК-12)

1. Наномир.
2. Нанотехнологии как наука.
3. Основы сканирующей зондовой микроскопии.
4. Изготовление и заточка зонда
5. Программное обеспечение СЗМ NanoEducator
6. Атомно-силовая микроскопия.
7. Сканирующая туннельная микроскопия.
8. Литография.
9. Спектроскопия.
10. Устройство СЗМ NanoEducator.
11. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.
12. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов.
13. Проблемы зондовой микроскопии.
14. Сравнение зондового и оптического микроскопа
15. История развития зондовой микроскопии
16. Разрешающая способность зондовых микроскопов
17. Различие Nanoeducator I и Nanoeducator II

## **85. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Промежуточная аттестация проводится в форме (выбрать форму в соответствии с учебным планом) зачета.

Зачет позволяет оценить сформированность компетенций, теоретическую подготовку студента, его способность к творческому мышлению, готовность к практической деятельности, приобретенные навыки самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их при решении практических задач.

При балльно-рейтинговом контроле знаний итоговая оценка выставляется с учетом набранной суммы баллов.

### **Собеседование (устный ответ) на зачете**

Для оценки сформированности компетенции посредством собеседования (устного ответа) студенту предварительно предлагается перечень вопросов или комплексных заданий, предполагающих умение ориентироваться в проблеме, знание теоретического материала, умения применять его в практической профессиональной деятельности, владение навыками и приемами выполнения практических заданий.

При оценке достижений студентов необходимо обращать особое внимание на:

- усвоение программного материала;
- умение излагать программный материал научным языком;
- умение связывать теорию с практикой;
- умение отвечать на видоизмененное задание;
- владение навыками поиска, систематизации необходимых источников литературы по изучаемой проблеме;
- умение обосновывать принятые решения;
- владение навыками и приемами выполнения практических заданий;
- умение подкреплять ответ иллюстративным материалом.

## **9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная литература**

1. Вознесенский, Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 184 с. : табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1545-7 ; То ж [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428294>

2. Филимонова, Н.И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Филимонова, Б.Б. Кольцов. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. I. - 134 с. - UR <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943>

3. Хвастунов, Н. Н. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов физико-математического фак. / Н.Н. Хвастунов, В.В. Карпунин; Мордов. гос. пед. ин-т. - Саранск, 2013.

### **Дополнительная литература**

1. Газенаур, Е.Г. Методы исследования материалов / Е.Г. Газенаур, Л.В. Кузьмина, В.И. Крашенинин. – Кемерово : Кемеровский государственный университет,



2013. – 336 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232447>

2. Фомин, Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела / Д.В. Фомин. – Москва

; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 186 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259074>

## **10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://nanometer.ru> - "Нанометр" - все о нанотехнологиях. Новости, публикации, библиотека.

2. <http://fismat.ru> - Физика, электротехника - лекции, задачи, примеры. Электростатика, оптика, атомная и ядерная физика.

## **11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)**

При освоении материала дисциплины необходимо:

- спланировать и распределить время, необходимое для изучения дисциплины;
- конкретизировать для себя план изучения материала;
- ознакомиться с объемом и характером внеаудиторной самостоятельной работы для полноценного освоения каждой из тем дисциплины.

Сценарий изучения курса:

- проработайте каждую тему по предлагаемому ниже алгоритму действий;
- изучив весь материал, выполните итоговый тест, который продемонстрирует готовность к сдаче зачета.

Алгоритм работы над каждой темой:

- изучите содержание темы вначале по лекционному материалу, а затем по другим

источникам;

- прочитайте дополнительную литературу из списка, предложенного преподавателем;

- выпишите в тетрадь основные категории и персоналии по теме, используя лекционный материал или словари, что поможет быстро повторить материал при подготовке к зачету;

- составьте краткий план ответа по каждому вопросу, выносимому на обсуждение на лабораторном занятии;

- выучите определения терминов, относящихся к теме;
- продумайте примеры и иллюстрации к ответу по изучаемой теме;
- подберите цитаты ученых, общественных деятелей, публицистов, уместные с точки зрения обсуждаемой проблемы;
- продумывайте высказывания по темам, предложенным к лабораторному занятию.

Рекомендации по работе с литературой:

- ознакомьтесь с аннотациями к рекомендованной литературе и определите основной метод изложения материала того или иного источника;
- составьте собственные аннотации к другим источникам на карточках, что поможет при подготовке рефератов, текстов речей, при подготовке к зачету;
- выберите те источники, которые наиболее подходят для изучения конкретной темы.

## **12 Перечень информационных технологий**

Реализация учебной программы обеспечивается доступом каждого студента к информационным ресурсам – электронной библиотеке и сетевым ресурсам Интернет. Для использования ИКТ в учебном процессе используется программное обеспечение, позволяющее осуществлять поиск, хранение, систематизацию, анализ и презентацию информации, экспорт информации на цифровые носители, организацию взаимодействия в реальной и виртуальной образовательной среде. Индивидуальные результаты освоения дисциплины студентами фиксируются в электронной информационно-образовательной среде университета.

### **12.1 Перечень программного обеспечения**

**(обновление производится по мере появления новых версий программы)**

- Microsoft Windows 7 Pro – Лицензия № 49399303 от 28.11.2011 г.
- Microsoft Office Professional Plus 2010 – Лицензия № 49399303 от 28.11.2011 г.
- 1С: Университет ПРОФ – Лицензионное соглашение № 10920137 от 23.03.2016 г.

### **12.2 Перечень информационных справочных**

**систем (обновление выполняется еженедельно)**

1. Информационно-правовая система «ГАРАНТ» (<http://www.garant.ru>)
2. Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (<http://www.consultant.ru>)

### **12.3 Перечень современных профессиональных баз данных**

1. Профессиональная база данных «Открытые данные Министерства образования и науки РФ» (<http://xn----8sblcdzzacvuc0jbg.xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/opendata/>)
2. Электронная библиотечная система Znanium.com (<http://znanium.com/>)
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (<http://window.edu.ru>)

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Для проведения аудиторных занятий необходим стандартный набор специализированной учебной мебели и учебного оборудования, а также мультимедийное оборудование для демонстрации презентаций на лекциях. Для проведения практических занятий, а также организации самостоятельной работы студентов необходим компьютерный класс с рабочими местами, обеспечивающими выход в Интернет.

Индивидуальные результаты освоения дисциплины фиксируются в электронной информационно-образовательной среде университета.

Реализация учебной программы обеспечивается доступом каждого студента к информационным ресурсам – электронной библиотеке и сетевым ресурсам Интернет. Для использования ИКТ в учебном процессе необходимо наличие программного обеспечения, позволяющего осуществлять поиск информации в сети Интернет, систематизацию, анализ и презентацию информации, экспорт информации на цифровые носители.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Лаборатория нанотехнологий и электричества. №202

Помещение укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Основное оборудование:

Наборы демонстрационного оборудования: автоматизированное рабочее место в составе (системный блок, монитор, клавиатура, мышь, гарнитура, проектор, интерактивная доска), магнитно-маркерная доска.

Лабораторное оборудование: Научно-образовательный класс для обучения основам нанотехнологий в комплекте, Нано-Эдюкатор, Оборудование для микроскопических исследований в комплекте.

Учебно-наглядные пособия:

Презентации.

Помещение для самостоятельной работы.

Читальный зал электронных ресурсов, № 101 б.

Помещение укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Основное оборудование:

Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета (компьютер 12 шт., мультимедийный проектор 1 шт., многофункциональное устройство 1 шт., принтер 1 шт.).

Учебно-наглядные пособия:

Презентации, электронные диски с учебными и учебно-методическими пособиями.