



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

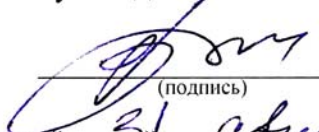
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

  
(подпись) В.В. Новиков  
« 31 августа » 20 23 г.

### **Рабочая программа дисциплины**

Зондовые методы контроля и модификации материалов

Уровень высшего образования:	Магистратура
Квалификация выпускника:	Магистр
Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Физика функциональных материалов и наноматериалов

Иваново



## **1. Цели освоения дисциплины**

Познакомиться с возможностями зондовых методов при изучении строения вещества, уметь практически реализовывать полученные теоретические знания и экспериментальные навыки, приобрести опыт структурного контроля и модификации различного типа объектов, включая нанообъекты.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении дисциплин: "Математика", "Физика", "Химия", Прикладная механика", "Физическое материаловедение", "Физика конденсированного состояния вещества", "Физика поверхности", "Физика жидких кристаллов", "Информационные технологии", "Планирование и обработка результатов экспериментов".

Обучающийся должен:

Знать: теоретические основы оптики, электрически и магнитных явлений, физики конденсированного состояния вещества, математического анализа, функций комплексного переменного, анализа экспериментальных данных, основные информационные технологии по получению и анализу информации, получаемой из сети Интернет.

Уметь: проводить наблюдения и измерения физических величин, физические и химические эксперименты, математические расчеты, анализ и обработку экспериментальных данных с использованием компьютерных программ, поиски информации в сети Интернет.

Иметь: практический опыт наблюдения и измерения физических величин, проведения физических и химических экспериментов, математических расчетов, анализа и обработки экспериментальных данных, поиска информации в сети Интернет.

Материал курса может быть полезным при изучении ряда специальных дисциплин таких как "Физика конструкционных материалов", "Триботехнические материалы" и прохождении практики.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

### **3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

- а) универсальные (УК): нет;
- б) общепрофессиональные (ОПК): нет;
- в) профессиональные (ПК):

ПК-3 - Способен выполнять работы по анализу научно-технической информации и результатов исследований в своей области специализации, в том числе находящихся на стыке различных областей наук.

ПК-5 - Способен выполнять операции контроля, измерения и испытания для выявления параметров состава, структуры и свойств материалов.

ПК-6 - Способен осуществлять контроль состояния испытательного, измерительного и контрольного оборудования, обеспечивать его подготовку и функционирование.

### **3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

**Знать:** теоретические основы различных зондовых методов и их возможности при работе с объектами различной природы, включая нанообъекты, для корректной постановки исследовательских и технологических задач. (ПК-3).

**Уметь:** правильно выбирать условия проведения экспериментов в зависимости от поставленной задачи, получать, обрабатывать, анализировать и представлять результаты экспериментов и расчетов в виде отчетов о структуре и свойствах различного типа объектов (ПК-5).

**Иметь практический опыт/Иметь навыки:** получения экспериментальной информации о структуре и свойствах материалов различного типа и критического её анализа с учетом оценки состояния используемого зондового оборудования, для модификации их структуры и, как следствие, управления их функциональными возможностями (ПК-3, ПК-5, ПК-6).

#### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

##### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения)
			Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Формы промежуточной аттестации
1.	Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации.	3	2		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов. Список вопросов, интересующих студента по содержанию дисциплины
2.	Техника сканирующей зондовой микроскопии.	3	6	4	Опорный конспект Отчет по лабораторной работе.
3	Методы сканирующей зондовой микроскопии.	3	8	4	Опорный конспект Отчет по лабораторной работе.
4	Методы зондовой нанотехнологии.	3	6	4	Опорный конспект Отчет по лабораторной работе.
5	Заключительный. Подведение и анализ промежуточных результатов освоения дисциплины.	3	2		Контрольная работа
Итого за семестр:			24	12	Экзамен

##### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

**1. Введение** в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации.

**2. Техника сканирующей зондовой микроскопии.** Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов, устройства



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

---

для прецизионных перемещений зонда и образца. защита приборов от внешних воздействий. Формирование и обработка СЗМ изображений.

**3. Методы сканирующей зондовой микроскопии.** Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ). Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Электросиловая микроскопия (ЭСМ). Магнитосиловая микроскопия (МСМ). Ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ). Растровая электронная микроскопия (РЭМ).

**4. Методы зондовой нанотехнологии.** Физические основы зондовой нанотехнологии. Контактное формирование нанорельефа. Бесконтактное формирование нанорельефа. Локальная глубинная модификация поверхности. Межэлектродный массоперенос. Электрохимический массоперенос. Массоперенос из газовой фазы. Локальное анодное окисление. СТМ-литография. Совместное использование лазера и СТМ в нанолитографии.

**5. Образовательные технологии**

Традиционные образовательные технологии: классическое лекционное обучение (лекционные занятия), обучение с помощью учебной книги (самостоятельная работа), обучение с помощью системы малых групп (при проведении лабораторных и практических занятий),

Информационно-коммуникационные образовательные технологии: технологии смешанного обучения, включающие в себя поиск информации в Интернете (самостоятельная работа), применение специализированных пакетов для получения анализа экспериментальных данных и построения экспериментальных зависимостей (практические занятия), применение аудиовизуальных технических средств (лекционные занятия, презентации).

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Основной способ организации самостоятельной работы студентов — самостоятельная подготовка к выполнения практических и лабораторных работ по методическим указаниям. Полностью весь методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приведен в Приложении 1 к РП.

**7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Система контроля по дисциплине включает: входной контроль; промежуточный контроль за материал 6 семестра — экзамен, текущий контроль, итоговый контроль на материал 7 семестра – экзамен.

В текущем контроле используются проверка опорных конспектов и материалов практических занятий и отчетов по лабораторным работам. В конце каждого семестра пишется итоговая контрольная работа, которая оценивается по пятибалльной шкале.

Перед каждым лабораторным занятием ведется опрос-допуск к работе. Студент обязан показать знания необходимого теоретического материала и методик исследований. После каждой практической работы студент пишет отчет и защищает его перед преподавателем.

Допуск на экзамены происходит при наличии отчетов по лабораторным работам и положительной оценки за выполнение практических заданий.

Экзамены проходят устно. В качестве оценочных средств используются: комплект экзаменационных билетов и дополнительные ситуационные вопросы. Билеты экзамена содержат два теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале. Используются следующие критерии оценки:

«5» — студент полностью раскрывает тему вопроса, самостоятельно и полно отвечает на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса;

«4» — студент полностью раскрывает тему вопроса, но затрудняется отвечать на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса; или тема вопроса раскрыта не полностью, но студент уверенно отвечает на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса.



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

«3» — студент не полностью раскрывает тему вопроса и затрудняется отвечать на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса;

«2» — студент не раскрывает тему вопроса, проявляет незнание базовых терминов и понятий, необходимых для раскрытия темы.

Оценка за экзамен ставится как среднеарифметическое баллов за ответы на вопросы экзаменационного билета с учетом ответов на дополнительные ситуационные вопросы. Результат округляется до целого числа.

Вопросы экзаменационных билетов и типы дополнительных ситуационных вопросов приведены в фонде оценочных средств (Приложение 2).

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. - М.: Техносфера. 2005. 464 с. ISBN 978-5-89155-163-3,

2. Филимонова, Н.И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия : учебное пособие / Н.И. Филимонова, Б.Б. Кольцов. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. I. - 134 с. - ISBN 978-5-7782-2158-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943> (13.11.2015).

3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 431 с. – ISBN 978-5- 9963-0346-5.

4. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: монография / А.И. Гусев. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (11.11.2015).

5. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике : монография / В.К. Неволин. - Изд. 2-е, испр. - М. : Техносфера, 2014. - 174 с. : ил., схем., табл. - (Мир электроники). - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-94836-382-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260697> (13.11.2015).

Дополнительная литература:

1. Нанотехнологии в электронике./ под ред. чл.-корр. РАН Ю.А. Чаплыгина. - М.: Техносфера. 2005.

2. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике. /Отв. ред. А.Л. Асеев. - Новосибирск: Издательство СО РАН. 2004.

3. Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем. - М.: Техносфера. 2005.

4. Сергеев, А.Г. Нанометрология / А.Г. Сергеев. - М. : Логос, 2011. - 415 с. - ISBN 978-5-98704-494-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84986> (11.11.2015).

**Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

Система электронной поддержки образовательного процесса

«Мой университет» <https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);  
<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>  
Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>  
Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

**Программное обеспечение:** операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: персональный компьютер, проектор, экран.

**Автор рабочей программы дисциплины:** профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий, доктор физ.-мат. наук, доцент Александров А.И.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий « 31 » августа 2023 г., протокол № 1

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

### **Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.**