



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

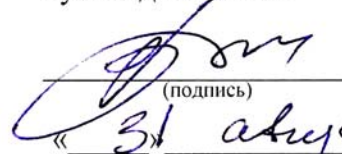
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

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

### Рабочая программа дисциплины

Физика и технологии наноматериалов

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

Иваново



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

---

### **1. Цели освоения дисциплины**

Познакомиться со строением, свойствами и функциональными возможностями различных наноструктурированных материалов, использующихся в электронике, уметь практически реализовывать полученные теоретические знания и экспериментальные навыки при работе с этими материалами, используя широкий набор экспериментальных методов для определения и управления их структурой с целью улучшения прикладных свойств.

### **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",.

Обучающийся должен:

Знать: теоретические основы оптики, электрически и магнитных явлений, физики конденсированного состояния вещества, математического анализа, 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 "Современные проблемы физики материалов", "Зондовые методы контроля и модификации материалов", "Триботехнические материалы", производственной и преддипломной практик, подготовки ВКР.

### **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: о строении, свойствах и функциональных возможностях наноматериалов, использующихся или имеющих перспективы использования в устройствах электроники и микромеханики (ПК-3);

Уметь: понимать, и критически анализировать экспериментальную информацию о структуре и свойствах наноматериалов, пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами взаимосвязи структуры и свойств наноматериалов для их структурной модификации. (ПК-3, ПК-5);

Иметь практический опыт/Иметь навыки: получения экспериментальной информации о структуре и свойствах наноматериалов и критического её анализа с учетом оценки состояния используемого 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)  Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекцион-ного типа	Занятия семинар-ского типа	
1.	Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации.	1	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов. Список вопросов, интересующих студента, по содержанию дисциплины,.
2.	Наноструктурированные материалы.	1	6	4	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
3.	Физические основы нанoeлектроники.	1	4	4	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
4.	Методы нанотехнологии.	1	8	6	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
5.	Нанoeлектронные приборы и системы.	1	8	6	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
6.	Анализ промежуточных результатов освоения дисциплины	1		2	Контрольная работа.
Итого за семестр:			28	24	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. Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации.

**2. Наноструктурированные материалы.** Классификация, размерные эффекты и свойства нанообъектов. Определение наночастицы. Атомы и молекулы. Кристаллы и кристаллиты. Кластеры. Самосборка и самоорганизация наноструктур. Углеродные кластеры. Фуллерены. Фуллериты и фуллериды. Нанотрубки. Фотонные кристаллы. Органические проводники и полупроводники. Пленки поверхностно-активных веществ (ЛБ-плёнки). Управляемая ДНК-сборка наноструктур.

**3. Физические основы нанoeлектроники.** Закон Мура. Стена Мура. Элементы зонной теории. Гетеропереходы. Гетероструктуры и барьеры Шоттки. Сверхрешетки. Квантовые ямы, нити, точки. Электрофизические свойства наночастиц. Явление сверхпроводимости в наноматериалах. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц. Закон масштабирования и его применение в нанoeлектронике. Основы одноэлектроники. Кулоновская лестница. Спин-зависимый транспорт носителей заряда. Эффект Кондо в квантовых точках. Гигантское магнитосопротивление.

**4. Методы нанотехнологии.** Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия на основе металлоорганики. Формирование наноструктур на основе коллоидных растворов. Золь-гель технология. Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков. Искусственное нанofормирование. Самоорганизация при эпитаксиальном росте. Литографические методы формирования наноструктур. Оптическая, рентгеновская, электронная, ионная литографии. Возможности пучковых методов нанолитографии в нанoeлектронике. Нанопечатная литография. Ионный синтез квантовых наноструктур.

**5. Нанoeлектронные приборы и системы.** Нанoeлектронные конденсаторы, аккумуляторы энергии и топливные элементы. Нанотранзисторы на основе структур кремний на сапфире. Нанотранзисторы с гетеропереходами. Нанодиоды и нанотранзисторы с резонансным туннелированием. Нанодиоды и нанотранзисторы на основе нанотрубок. Нанoeлектронные лазеры с горизонтальными и вертикальными резонаторами. Оптические модуляторы. Дисплеи и осветительные приборы на основе нанотрубок. Перспективы создания дисплеев-невидимок. Фотоприемники: на квантовых ямах, на квантовых точках. Логические элементы для нанокomпьютеров: квантово-точечные клеточные автоматы, молекулярные переключатели, одноэлектронные транзисторы. Квантовые компьютеры (КК): квантовые вычисления, кубит, структура квантового компьютера, квантовый регистр, квантовый процессор, основные требования и практическая реализация КК, перспективы развития квантовых компьютеров. Нанoeлектронные системы: однокристалльные системы, системы для компьютера, системы беспроводной связи, перспективы развития нанoeлектронных систем.

#### 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



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

построения экспериментальных зависимостей (практические занятия), применение аудиовизуальных технических средств (лекционные занятия).

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

Основной способ организации самостоятельной работы студентов — самостоятельная подготовка к выполнения практических 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; текущий контроль и итоговый контроль – экзамен.

В текущем контроле используются проверка опорных конспектов и материалов практических занятий и домашних заданий.

Итоговая контрольная работа оценивается по пятибалльной шкале.

Допуск на экзамен происходит при наличии отчетов по домашним и практическим заданиям с положительной оценкой за их выполнение.

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.

«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. 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).
2. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. - М. : Физматлит, 2010. - 454 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68876> (11.11.2015).
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 431 с. – ISBN 978-5- 9963-0346-5.



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

4. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 252 с. – ISBN 978-5-9963-0622-0. <https://znanium.com/catalog/document?id=366004>.
5. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина У.А. Нанoeлектроника. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 223 с. ISBN 978-5-94774-914-4. <https://knigogid.ru/books/1850890-nanoelektronika/toread>

*Дополнительная литература:*

1. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника: учебное пособие / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 223 с. ISBN 978-5 94774-914-4
2. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие / А.А. Барыбин, В.А. Бахтина, В.И. Томилин, Н.П. Томина. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229593> (11.11.2015).
3. Дегтяренко, Н.Н. Специальные разделы квантово-механических методов расчетов свойств кластеров и наноматериалов : учебное пособие / Н.Н. Дегтяренко. - М. : МИФИ, 2008. - 156 с. - ISBN 978-5-7262-1074-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231586> (11.11.2015).
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:

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;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения курсовых работ (проектов) 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



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

---

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 года, протокол № 1

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(подпись)

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

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