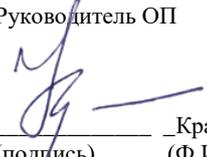




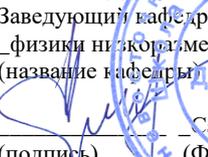
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
\_\_\_\_\_ Крайнова Г.С.  
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)  
« 19\_» сентября \_\_\_\_\_ 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
\_физики низкоразмерных структур\_  
(название кафедры)

  
\_\_\_\_\_ Саранин А.А.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 19\_» сентября \_\_\_\_\_ 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Методы исследования наноструктур и наноматериалов

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль Электроника и нанoeлектроника

**Форма подготовки очная**

курс 3 семестр 5  
лекции 18 час.  
практические занятия 0 час.  
лабораторные работы 36 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 18 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 54 час.  
в том числе с использованием МАО 18 час.  
самостоятельная работа 54 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы (количество) не предусмотрены  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет не предусмотрен  
экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от «19» сентября 2018 г.

Заведующий (ая) кафедрой чл.-корр. РАН, профессор Саранин А.А.

Составитель (ли): зав.каф., член-корр. РАН, профессор Саранин А.А.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Саранин А.А.  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Саранин А.А.  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 11.03.04 Electronics and Nanoelectronics**

**Course title: Research methods of nanostructures**

**Variable part of Block, \_3\_credits**

**Instructor:** Saranin A.A., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Phys.-math, head of the FEFU Nanophysics and Nanotechnologies REC, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

**At the beginning of the course a student should be able to:**

GPC-7, the ability to use modern trend in electronics, measurement and scientific methods, information technology, computers and networks.

**Learning outcomes:**

SPC-2, the ability to select and use the effective methods of experimental research of devices, schemes and lab equipment for electronics and nanoelectronics investigations.

SPC-17, the ready to control development projects, documentation and technical content in accordance to requirements specification.

**Course description:**

The contents of discipline covers the common methods of investigation the thin solid films, nanoparticles and nanomaterials. It's include the physical principles of investigation methods, research devices and lab equipment.

**Main course literature:**

1. Introduction to surface physics / K. Oura, V. G. Lifshits, A. A. Saranin [and others]; [resp. ed. V.I. Sergienko]; Russian Academy of Sciences, Far Eastern Branch, Institute of Automation and Control Processes. Moscow: Science, 2006. 490 p. B 24 538.9 - Access:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:248486&theme=FEFU>

2. Tkalich V.L., Makeeva A.V., Oborina E.E. Physical principles of nanoelectronics: Tutorial. – S.-P.: SPbGU ITMO, 2011. – 83 p. - Access:

<http://window.edu.ru/resource/415/73415>

3. Barybin A.A. Physical and technological bases of macro-, micro- and nanoelectronics: a textbook for universities / A. A. Barybin, V. I. Tomilin, V. I. Shapovalov; under total ed. A. A. Barybin. - Moscow: Fizmat-lit, 2011. -783 - Access: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>

4. Nonlinear optics of silicon and silicon nanostructures / O. A. Aktsipetrov, I. M. Baranova, K. N. Evtyukhov. Moscow: Fizmatlit, 2012. 543 p. A 447 538.9 - Access:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:704478&theme=FEFU>

**Form of final knowledge control: exam.**

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 11.03.04 Electronics and Nanoelectronics**

**Study profile "Nanotechnology in Electronics"**

**Course title: Research methods of nanostructures**

**Variable part of Block, \_3\_credits**

**Instructor:** Saranin A.A., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Phys.-math, head of the FEFU Nanophysics and Nanotechnologies REC, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

### **Learning outcomes:**

SPC-2, the ability to select and use the effective methods of experimental research of devices, schemes and lab equipment for electronics and nanoelectronics investigations.

SPC-17, the ready to control development projects, documentation and technical content in accordance to requirements specification.

### **Course description:**

The contents of discipline covers the common methods of investigation the thin solid films, nanoparticles and nanomaterials. It's include the physical principles of investigation methods, research devices and lab equipment.

### **Main course literature:**

5. Introduction to surface physics / K. Oura, V. G. Lifshits, A. A. Saranin [and others]; [resp. ed. V.I. Sergienko]; Russian Academy of Sciences, Far Eastern Branch, Institute of Automation and Control Processes. Moscow: Science, 2006. 490 p. B 24 538.9 EK NB DVFU: Access: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:248486&theme=FEFU>

6. Nevolin, V. K. Quantum physics and nanotechnologies [Electronic resource] / V. K. Nevolin. - Electron. text data. - M.: Technosphere, 2013. - 128 c. - 978-5-94836-361-5. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/16975.html>

7. Prokofieva, N. I. Physical effects of nanotechnology [Electronic resource]: a tutorial / N. I. Prokofyeva, L. A. Gribov. - Electron. text data. - M.: Moscow State University of Civil Engineering, DIA EAS, 2013. - 100 c. - 978-5-7264-0745-6. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/23754.html>

8. Vityaz P.A. Basics of nanotechnology and nanomaterials [Electronic resource]: study guide / P.A. Vityaz, N.A. Svidunovich. - Electron. text data. - Minsk: Higher School, 2010. - 302 c. Access: <http://www.iprbookshop.ru/20108.html>

**Form of final knowledge control: exam**

## АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина «Методы исследования наноструктур и наноматериалов» разработана для студентов 3 курса направления бакалавриата 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» нанoeлектроника в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 ЗЕ (108 часов). Учебным планом предусмотрены лекции (18 часов), лабораторные работы (36 часов), самостоятельная работа студента (54 часа, в том числе на подготовку к экзамену 36 часов). Дисциплина «Методы исследования наноструктур и наноматериалов» входит в блок дисциплин по выбору студентов вариативной части профессионального цикла, реализуется на 3 курсе, в 5 семестре.

Дисциплина «Методы исследования наноструктур и наноматериалов» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Физико-химия нанокластеров и наноструктур», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники» и др.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физических основ методов исследования тонких пленок на поверхности твердых тел, наночастиц и наноматериалов в рамках использования электронов и фотонов для взаимодействия с поверхностью твердых тел. Курс построен на ранее изученных основных эффектах взаимодействия фотонов и электронов с поверхностью, пройденных в дисциплинах курса общей физики, " Специальные разделы электродинамики для фотоники", "Физические основы электроники".

Цель - изучения дисциплины – освоение теории и практики исследования основных свойств наночастиц современными методами и приборами, доступными в лабораториях исследовательских центров. Этот подход предполагает ознакомление студентов с возможностями современных приборов и исследовательских лабораторий.

Задачи изучения дисциплины:

- овладение теоретическими основами взаимодействия различных видов излучения с поверхностью твердых тел, наночастицами, наноматериалами;
- формирования навыков получения практической информации при работе с исследовательской аппаратурой, умение обрабатывать и получать параметры исследуемых материалов.

Для успешного изучения дисциплины «Методы исследования наноструктур и наноматериалов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОПК-2 - способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

ОПК-7 - способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2, способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	Знает	физические основы работы исследовательских приборов
	Умеет	самостоятельно выбирать допустимую область использования исследовательских приборов и методов исследования; применять методы обработки полученной информации с учетом аппаратных особенностей исследовательских приборов
	Владеет	основными сведениями о физической основе работы приборов, их основных возможностей, достоинствами и недостатками реализованных методов исследований; инструментарием анализа полученной числовой и графической информации для определения основных свойств исследуемых материалов
ПК-17, способность к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического,	Знает	схемотехнику, конструкцию, процесс наладки измерительного, диагностического и технологического оборудования; источники информации по техническим параметрам приборов
	Умеет	применять полученные знания при наладке измерительного, диагностического и технологического оборудования; источники информации по техническим параметрам приборов

технологического оборудования	Владеет	требованиями для выполнения задач сервисного обслуживания измерительного, диагностического, технологического оборудования.
-------------------------------	---------	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Методы исследования наноструктур» применяется метод активного/ интерактивного обучения: дискуссия; экскурсии по действующим лабораториям соответствующего профиля для ознакомления с реально работающей аппаратурой; практические работы с использованием методов компьютерного моделирования.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

*Содержание теоретической части курса разбивается на разделы, темы.*

**Раздел I. Электронные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов (10 час.)**

**Тема 1. Введение в физику наночастиц и поверхности твердых тел (1 час.)**

Дается определения понятий «нанообъект», «наночастица», «наноматериал». Показывается основное отличие этого класса материалов от обычных веществ и структур, используемых в классическом материаловедении и физике твердого тела. Обращается внимание на те свойства и особенности нанообъектов, которые не встречаются у обычных веществ и материалов. Дается представление о тех параметрах наночастиц, тонких пленок, наноматериалов, которые можно измерить. Вводится понятие разрушающих и неразрушающих методов исследования.

**Тема 2. Растровый электронный микроскоп ( 1 час.)**

Модель взаимодействия электрона с веществом. Упругое и неупругое рассеяние, отражение, поглощение электрона в веществе. Длина свободного пробега электрона в веществе. Регистрация отраженных электронов. Принципы построения полученного изображения и его анализ.

Основные схемы и узлы электронных микроскопов на отражение. Разрешение микроскопа, примеры характеристик коммерческих моделей микроскопов. Возможности электронного микроскопа на отражение.

### **Тема 3. Зондовые методы исследования (1 час.)**

Перечисление всех известных зондовых методов, их основные возможности, область применения. Физические принципы работы и ограничения на область использования этих методов.

### **Тема 4. Атомно-силовой микроскоп (1 час.)**

Принципы работы атомно-силового микроскопа, основные узлы и датчики. Варианты исполнения и области применения. Разрешающая способность и особенности эксплуатации приборов данного типа.

### **Тема 5. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия (2 час.)**

Принципы работы сканирующего туннельного микроскопа, основные узлы и датчики. Особенности исполнения и области применения. Разрешающая способность и проблемы эксплуатации приборов данного типа. Режимы сканирования поверхности твердых тел. Варианты работы прибора в режиме сканирующей туннельной спектроскопии.

### **Тема 6. Комбинированные зондовые методы исследования (2 час.)**

Принципы работы ближнепольного оптического микроскопа, различные варианты комплектации. Особенности изучения наночастиц и наноточек на поверхности твердых тел при использовании различных типов излучателя и анализатора. Разрешающая способность и проблемы эксплуатации приборов данного типа.

Сканирующий туннельный микроскоп в режиме эмиссии баллистических электронов. Область применения, основные объекты изучения. Преимущества и недостатки.

### **Тема 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел (1 час.)**

Дифракция медленных электронов. Принципы работы и формирования полученных изображений. Дифракция быстрых электронов. Область применения.

### **Тема 8. Оже-электронная спектроскопия (1 час.)**

Оже-процесс на поверхности твердых тел. Принципы работы и основные узлы и элементы прибора. Вторичный электронный умножитель. Различные варианты реализации спектрометров, точность и чувствительность. Расшифровка спектров. Получение качественной и количественной информации.

## **Раздел II. Оптические методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов (5 час.)**

### **Тема 1. Спектральные методы исследования (2 час.)**

Рассеяние света на поверхности твердых тел. Стоксово и антистоксово рассеяние. Инфракрасная колебательная спектроскопия. Рамановская спектроскопия. Рамановский микроскоп. Фотоэлектронный умножитель.

### **Тема 2. Нелинейные оптические методы исследования (1 час.)**

Генерация второй (и высших) оптической гармоники на поверхности твердых тел. Фотонные кристаллы. Люминисценция.

### **Тема 3. Рентгеновские методы исследования (2 час.)**

Дифракция рентгеновского излучения на поверхности твердых тел. Датчики рентгеновского излучения.

## **Раздел III. Комбинированные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов (3 час.)**

### **Тема 1. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (2 час.)**

Явление фотоэффекта. Фотоэлектронный многоканальный умножитель. Ультрафиолетовая спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Чувствительность методов и приборов.

### **Тема 2. Спектральные методы исследования (1 час.)**

Эффект Мессбауера.. Ультрафиолетовая спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Чувствительность методов и приборов данного класса для тонких пленок, нанообъектов и наноматериалов.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Лабораторные работы (36 час.)**

Лабораторная работа 1. Введение в физику наночастиц и поверхности твердых тел (2 час.)

Лабораторная работа 2. Растровый электронный микроскоп ( 2 час.)

Лабораторная работа 3. Зондовые методы исследования (2 час.)

Лабораторная работа 4. Атомно-силовой микроскоп (2 час.)

Лабораторная работа 5. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия (2 час.)

Лабораторная работа 6. Комбинированные зондовые методы исследования (2 час.)

Лабораторная работа 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел (2 час.)

Лабораторная работа 8. Оже-электронная спектроскопия (3 час.)

Лабораторная работа 9. Спектральные методы исследования (3 час.)

Лабораторная работа 10. Нелинейные оптические методы исследования (4 час.)

Лабораторная работа 11. Рентгеновские методы исследования (4 час.)

Лабораторная работа 12. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (4 час.)

Лабораторная работа 13. Спектральные методы исследования (4 час.)

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Методы исследования наноструктур» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые темы дисциплины	Коды компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Электронные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-2 ПК-17	ПР-6	Вопросы к экзамену 1-8
2	Раздел II. Оптические методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-2, ПК-17	ПР-6	Вопросы к экзамену 9,11
3	Раздел III. Комбинированные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-2, ПК-17	ПР-6	Вопросы к экзамену 12-14

Вопросы и типы заданий к зачету, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Введение в физику поверхности / К. Оура, В. Г. Лифшиц, А. А. Саранин [и др.]; [отв. ред. В. И. Сергиенко] ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Институт автоматизации и процессов управления. Москва : Наука , 2006. 490 с. В 24 538.9 ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:248486&theme=FEFU>

2. В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина «Физические основы наноэлектроники: Учебное пособие» - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 83 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/415/73415>

3. Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники: учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов ; под общ. ред. А. А. Барыбина. - Москва : Физмат-лит, 2011. -783 с Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>

4. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур / О. А. Акципетров, И. М. Баранова, К. Н. Евтюхов. Москва : Физматлит , 2012. 543 с. А 447 538.9 ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:704478&theme=FEFU>

## **Дополнительная литература** (печатные и электронные издания)

1. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси; пер. с яп. А.В. Хачояна; под ред. Л.Н. Патрикеева М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2005 134 с. ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:394362&theme=FEFU>
  
2. Основы физики поверхности полупроводников : учебное пособие / В. Г. Лифшиц ; [отв. ред. А. А. Саранин] ; Дальневосточный государственный университет, Институт автоматки и процессов управления ДВО РАН. Владивосток , 1999. Л 649 538.9(075) ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:679722&theme=FEFU>
  
3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия твердых тел : теория и практика : учебное пособие / И. С. Осьмушко, В. И. Вовна, В. В. Короченцев ; Дальневосточный федеральный университет. Владивосток : 2010. 42 с. О-798 539.1(075.8) ДВФУ ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:301195&theme=FEFU>
  
4. Современные методы исследования поверхности / Д. Вудраф, Т. Делчар ; пер. с англ. Е. Ф. Шека. Москва : Мир , 1989. 568 с. В 881 535 В 881 535 ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:27376&theme=FEFU>

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

1. Производитель атомно-силовых микроскопов и их различных модификаций:  
<http://www.ntmdt.ru/>
2. Справочные данные по оже-электронной спектроскопии:  
<http://silicon.dvo.ru/>
3. Популярно о нанотехнологиях:  
<http://www.nanonewsnet.ru/>

### **Перечень информационных технологий**

## **и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, Microsoft Office и др.), производится демонстрация роликов о работе исследовательского оборудования с сайта производителей.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы учебной дисциплины (РПУД). Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-графиком.

### **Использование материалов учебно-методического комплекса**

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД): рабочей программы, лекционного курса, материалов практических занятий, методических рекомендаций по организации самостоятельной работы студентов, глоссария, перечня учебной литературы и других источников информации, контрольно-измерительных материалов (тесты, опросы, вопросы зачета), а также дополнительных материалов.

### **Рекомендации по подготовке к лекционным и практическим занятиям**

Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний.

При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники. В случае, если возникли

затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

При подготовке к текущему контролю использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

При подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

На самостоятельную работу выносятся подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с материалами из основной и дополнительной литературы, выучить основной теоретический материал по теме, при необходимости, воспользоваться литературой на русском языке и/или источниками в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет".

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для демонстрации основных лекционных материалов в процессе обучения студентов используется мультимедийный проектор, подключенный к ноутбуку, расположенному в аудитории. Для некоторых лекций требуется демонстрация роликов с сайтов производителей оборудования, для чего осуществляется подключение к сети интернет.

Для дополнительного ознакомления студентов с приборами и методами исследований по теме данной дисциплины может быть проведена экскурсия по действующим лабораториям ДВФУ.

Лабораторные занятия проводятся на материально-технической базе  
отдела физики поверхности ИАПУ ДВО РАН.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
**по дисциплине «Методы исследования наноструктур и  
наноматериалов»**  
**Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника**  
**профиль "Нанотехнологии в электронике"**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по наноматериалам	2 час.	Контрольные вопросы
2	3-4 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по зондовым методам	2 час.	Контрольные вопросы
3	5-6 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по сканирующей спектроскопии	2 час.	Контрольные вопросы
4	7-8 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе	3 час.	Защита отчета
5	9-10 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по оптической спектроскопии	2 час.	Контрольные вопросы
6	11-12 недели семестра	Подготовка краткого отчета по обзору рентгеновских методов исследования	3 час.	Защита отчета
7	13-14 недели семестра	Ознакомление с дополнительными материалами исследований по фотоэлектронной спектроскопии	2 час.	Контрольные вопросы
8	15-16 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по дополнительным методам исследований наноматериалов	2 час.	Контрольные вопросы
Итого			18 час.	

### Темы дисциплины

Тема 1. Наночастицы, наноматериалы, тонкие пленки а поверхности твердых тел.

Тема 2. Взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел. Электронный микроскоп.

Тема 3. Общие принципы работы зондовых методов исследования тонких пленок и наноматериалов.

Тема 4. Атомно-силовой микроскоп.

Тема 5. Сканирующий туннельный микроскоп.

Тема 6. Комбинированные зондовые микроскопы.

Тема 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел. Дифракция медленных электронов.

Тема 8. Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.

Тема 9. Взаимодействие света с веществом. Спектроскопия на отражение. Рамановская спектроскопия.

Тема 10. Нелинейные оптические эффекты на поверхности твердых тел, в тонких пленках и наноматериалах.

Тема 11. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, дифракция, спектроскопия.

Тема 12. Явление фотоэффекта, методы исследования поверхности вещества на основе этого эффекта. Фотоэлектронная спектроскопия. РФЭС и УФЭС.

Тема 13. Спектральные методы исследования вещества квантами различной энергии. Эффект Мессбауера. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку отчетов к лабораторным работам. Их полным содержанием в виде методических указаний обучаемые обеспечиваются перед началом подготовки к работе.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по лабораторным работам).

К представлению и оформлению отчетов по лабораторным работам предъявляются следующие требования.

## Структура отчета по лабораторной работе

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord и на бумажном носителе.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем и т. п.

Структурно отчет по лабораторной работе комплектуется по следующей схеме:

✓ *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме;

✓ *Исходные данные к выполнению заданий* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);

✓ *Основная часть* – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий;

✓ *Выводы* – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

✓ *Список литературы* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

✓ *Приложения* – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

## Оформление отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе относится к категории «*письменная работа*», оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

### Набор текста

Набор текста осуществляется в соответствии со следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – Times New Roman;
- ✓ размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы - левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;

✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

*Оценивание лабораторных работ* проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий, использование стандартов в ИТ области;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Методы исследования наноструктур и наноматериалов»  
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
профиль "Нанотехнологии в электронике"  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2, способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	Знает	физические основы работы исследовательских приборов
	Умеет	самостоятельно выбирать допустимую область использования исследовательских приборов и методов исследования; применять методы обработки полученной информации с учетом аппаратных особенностей исследовательских приборов
	Владеет	основными сведениями о физической основе работы приборов, их основных возможностей, достоинствами и недостатками реализованных методов исследований; инструментарием анализа полученной числовой и графической информации для определения основных свойств исследуемых материалов
ПК-17, способностью к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования	Знает	схемотехнику, конструкцию, процесс наладки измерительного, диагностического и технологического оборудования; источники информации по техническим параметрам приборов
	Умеет	применять полученные знания при наладке измерительного, диагностического и технологического оборудования; источники информации по техническим параметрам приборов
	Владеет	требованиями для выполнения задач сервисного обслуживания измерительного, диагностического, технологического оборудования.

	<b>Коды компетенций</b>	<b>Оценочные средства</b>
--	-------------------------	---------------------------

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые темы дисциплины</b>		<b>текущий контроль</b>	<b>промежуточная аттестация</b>
1	Раздел I. Электронные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-2 ПК-17	ПР-6	Вопросы к экзамену 1-8
2	Раздел II. Оптические методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-2, ПК-17	ПР-6	Вопросы к экзамену 9,11
3	Раздел III. Комбинированные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-2, ПК-17	ПР-6	Вопросы к экзамену 12-14

### **Шкала оценивания уровня сформированности компетенций**

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>		<b>критерии</b>	<b>показатели</b>	<b>баллы</b>
ПК-2, способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования	знает (пороговый уровень)	физические основы работы исследовательских приборов	воспроизводить и объяснить учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания: - принципов построения исследовательского прибора - основных измеряемых величин - область применимости прибора или схемы измерения	60-74

параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	умеет (продвинутый)	самостоятельно выбирать допустимую область использования исследовательских приборов и методов исследования; применять методы обработки полученной информации с учетом аппаратных особенностей исследовательских приборов	выполнять типичные задачи на основе стандартных схем проведения эксперимента	способность применить знания и практические умения в задачах, связанных с выбором экспериментальной методики или схемы проведения эксперимента в зависимости от типа исследуемого объекта	75-89
	владеет (высокий)	основными сведениями о физической основе работы приборов, их основных возможностей, достоинствах и недостатках реализованных методов исследований; инструментарием анализа полученной числовой и графической информации для определения основных свойств исследуемых материалов	решать усложненные задачи в нетипичных ситуациях на основе приобретенных знаний, умений и навыков	способность применить фактическое и теоретическое знание, практические умения по обработке экспериментальных данных, построения критериев достоверности данных и области применимости полученных экспериментальных результатов	90-100
ПК-17, способностью к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования	знает (пороговый уровень)	схемотехнику, конструкцию, процесс наладки измерительного, диагностического и технологического оборудования; источники информации по техническим параметрам приборов	самостоятельно разбираться в источниках информации по техническим параметрам и назначении приборов	способность показать базовые знания основных технических параметров приборов, в схематехнике, конструкции и процессах наладки измерительного, диагностического и технологического оборудования; источники информации по техническим	60-74

				параметрам приборов	
умеет (продвинутый)	применять полученные знания при наладке измерительного, диагностического и технологического оборудования; источники информации по техническим параметрам приборов	самостоятельно применять полученные знания при наладке измерительного, диагностического и технологического оборудования	способность читать техническую документацию, сопровождающую измерительные приборы и комплексы; применять полученные знания при наладке измерительного, диагностического и технологического оборудования		75-89
владеет (высокий)	требованиями для выполнения задач сервисного обслуживания измерительного, диагностического, технологического оборудования	решать усложненные задачи в нетипичных ситуациях на основе приобретенных знаний, умений и навыков	способность применить фактическое и теоретическое знание, практические умения по сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования		90-100

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Методы исследования наноструктур и наноматериалов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ (*Приказ ректора от 12.05.2015 №12-13-850*) и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Методы исследования наноструктур и наноматериалов» проводится в форме контрольных мероприятий (контрольные задания) по оцениванию фактических результатов обучения студентов осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения контрольных заданий, посещаемость лекций и практических занятий);

- уровень овладения практическими умениями работы, основной и дополнительной литературой;

- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами и критериями.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине "Методы исследования наноструктур и наноматериалов"**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической

		последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0 -60	«не удовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### Вопросы к экзамену

1. Наноматериалы, тонкие пленки, нанообъекты - свойства, классификация, область существования, принципиальные отличия от классических объемных материалов.
2. Взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел, основные эффекты и явления. Электронный микроскоп, основные узлы и принцип работы. Принципы построения изображения.
3. Зондовые методы исследования. Основные физические явления, лежащие в основе работы приборов такого типа. Качественные и количественные данные, получаемые с таких приборов.
4. Физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа. Принципы работы основных узлов. Особенности анализа полученных изображений.
5. Сканирующая туннельная спектроскопия. Анализ полученных данных.
6. Сканирующая микроскопия баллистических электронов. Ближнепольный оптический микроскоп. Возможные комбинации приборов для анализа поверхности твердых тел. Физические принципы работы таких приборов.
7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел. Дифракция

медленных электронов.

8. Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.
9. Взаимодействие света с поверхностью вещества. Рассеяние света. Рамановская спектроскопия.
10. Нелинейные оптические эффекты на поверхности твердых тел. Генерация высших оптических гармоник.
11. Рентгеновские методы исследования вещества.
12. Фотоэлектронная спектроскопия, основные физические принципы метода исследования.
13. Фотоэлектронный умножитель, вторичный электронный умножитель, принципы работы, варианты исполнения приборов.
14. Ядерный магнитный резонанс, парамагнитный резонанс, эффект Мессбауэра. Основные свойства веществ, исследуемые приборами, реализованные на этих явлениях.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется преподавателем.

Типовые задания к практическим и самостоятельным работам

1. Рассказать об основном физическом эффекте, лежащем в основе работы прибора или исследовательского метода.
2. Показать область применимости данного метода исследования и основные свойства вещества, анализируемые данным методом.
3. Выбрать входные и выходные параметры, диапазоны принимаемых значений и определить основные возможности измерений прибора.
4. Построить схему аппаратной функции прибора или

принципиальную блок-схему.

5. Определить методы контроля точности прибора и диапазон измеряемых величин.