



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

**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**  
Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии  
**Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»**  
**Форма подготовки очная**

курс 4 семестр 8  
лекции 22 час.  
практические занятия 0 час.  
лабораторные работы 44 час.  
в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ /пр. \_\_\_\_\_ /лаб. 20 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 66 час.  
в том числе с использованием МАО \_\_\_\_\_ час.  
самостоятельная работа 78 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы (количество) 8 .  
курсовая работа / курсовой проект нет семестр  
зачет \_\_\_\_\_ семестр  
экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДФУ, 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): д.ф.-м.н. Горошко Д.Л.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

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

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

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

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

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

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

## ABSTRACT

**Bachelor's/Specialist's/Master's degree in 11.03.04 «Electronics and Nanoelectronics»**

**Course title:** The processes of producing nanoparticles and nanomaterials. Nanotechnology.

**Basic part of Block, \_3\_ credits**

**Instructor:** D.L. Goroshko, Doctor of Physical and Mathematical Sciences School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

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

GPC-2 - the ability to identify the natural scientific essence of problems arising in the course of professional activity, to involve the corresponding physico-mathematical apparatus for solving them;

GPC -3 - the ability to solve the problem of analyzing and calculating the characteristics of electrical circuits;

GPC -4 - willingness to use modern means of performing and editing images and drawings and preparing design and technological documentation;

GPC -5 - the ability to use the basic methods of processing and presenting experimental data;

GPC -6 - the ability to search, store, process and analyze information from various sources and databases, to present it in the required format using information, computer and network technologies;

GPC 8 - ability to use regulatory documents in their activities;

GPC -9 - ability to use computer skills, master the methods of information technology, comply with basic information security requirements.

**Learning outcomes:**

GPC-7: the ability to take into account modern trends in the development of electronics, measuring and computing equipment, information technologies in their professional activities.

PC-9 - ability to perform work on the technological preparation of the production of materials and electronic products.

**Course description:**

The discipline "Processes of producing nanoparticles and nanomaterials. Nanotechnology" is a block of elective courses students of the variable part of the professional cycle.

Course objective: training nanotechnology, versed in all kinds of nanomaterials and knowing the methods for their preparation.

Objectives of the course: to acquaint students with the classification of nanomaterials on the structural features (nanomaterials divided into nanoparticles and nanostructured materials, which in turn are subdivided into consolidated nanomaterials and nanodispersion) and their field of application. For each type, there are several technologies nanomaterials preparation. All technologies can be divided into two types - nanotechnology "top-down" and nanotechnology "bottom-up".

**Main course literature:**

1. Rakov E.H.G. Neorganicheskie nanomaterialy: uchebnoe posobie – Izd. "Binom. Laboratoriya znaniy", 2013. - 477 str. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8683](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8683)
2. Ryzhonkov D.I., Lyovina V.V., Dzidziguri E.H.L. Nanomaterialy: uchebnoe posobie – Izd. "Binom. Laboratoriya znaniy", 2010. - 365 str. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3134](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3134)
3. Golovin YU.I. Osnovy nanotekhnologij – Izd. "Mashinostroenie", 2012. - 656 str. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)
4. Valyanskij S.I. Nanomaterialy [EHlektronnyj resurs] : lengmyurovskie plenki. Uchebnoe posobie / S.I. Valyanskij, E.K. Naimi. — EHlektron. tekstovye dannye. — M. : Izdatel'skij Dom MISiS, 2014. — 188 <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-56568&theme=FEFU>
5. Starostin V.V. Materialy i metody nanotekhnologij: uchebnoe posobie – Izd. "Binom. Laboratoriya znaniy", 2012. - 431 str. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8688](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8688)

**Form of final knowledge control:**

exam

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии» разработана для студентов 4 курса, обучающихся по направлению 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника», в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Дисциплина «Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии» входит в блок дисциплин по выбору студентов вариативной части профессионального цикла.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (22 часа), лабораторные работы (44 часа) самостоятельная работа (78 часов, включая на подготовку к экзамену 36 часов). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 8-м семестре.

**Цель курса:** подготовка специалистов нанотехнологов, разбирающихся во всех видах наноматериалов и знающих методы их получения.

**Задачи курса:** ознакомление студентов с классификацией наноматериалов по структурным признакам (наноматериалы подразделяются на наночастицы и наноструктурированные материалы, которые в свою очередь подразделяются на консолидированные наноматериалы и нанодисперсии) и областью их применения. Для каждого вида наноматериалов существует несколько технологий получения. Все технологии можно разделить на два вида - нанотехнологии «сверху-вниз» и нанотехнологии «снизу-вверх».

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);
- способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);
- готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);
- способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

- способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6);
- способность использовать нормативные документы в своей деятельности (ОПК-8);
- способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-7- способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	Знает	принципы устройства современных электронных приборов, их характеристики, предельные условия функционирования, зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, методы работы с измерительными приборами и измерительными комплексами.
	Умеет	эксплуатировать современные измерительные приборы и комплексы, работать на вычислительном оборудовании; применять информационные и коммуникационные технологии в решении практических задач.
	Владеет	средствами передачи и получения данных, навыками использования операционных систем, сетевых технологий и основных средств разработки программного обеспечения, основами моделирования электронных приборов и схем.
ПК-2 - способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок	Знает	основные и альтернативные методики экспериментального изучения наночастиц и наноматериалов, особенности отбора и подготовки образцов для анализа
	Умеет	планировать экспериментальные исследования, выбирать необходимые приборы и оборудование, выполнять измерения параметров и определять характеристики наночастиц и наноматериалов
	Владеет	навыками работы с измерительными приборами и установками, используемыми для экспериментального исследования наночастиц и наноматериалов, приемами обработки многократных измерений и определения погрешности измерений

электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;		
---	--	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: семинар-дискуссия, круглый стол.

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

### **Тема 1. Получение наночастиц металлов и их соединений (3 час.)**

Нанокластеры и нанокристаллы. Неупорядоченные нанокластеры. Магические нанокластеры. Технология испарения-конденсации. Плазмохимический синтез. Механохимический, детонационный и электровзрывной синтез. Синтез кристаллических наночастиц в матрицах. Формирование наноразмерных островков при осаждении чужеродных атомов на поверхность твердого тела.

### **Тема 2. Фуллерены (2 час.)**

Полиморфизм углерода. Фуллерен C<sub>60</sub> и его аналоги. Виды производных фуллеренов: заполненные фуллерены, фуллереновые аддукты, гетерофуллерены. Методы получения: Возгонка графита с последующей десублимацией и пиролиз углеводородов.

### **Тема 3. Углеродные нанотрубки (2 час.)**

Хиральные и ахиральные нанотрубки. Однослойные и многослойные нанотрубки. Структурные дефекты. Свойства. Эндоэдральные, экзоэдральные углеродные нанотрубки и гетеронанотрубки. Каталитический синтез. Возгонка-десублимация графита. Пиролиз углеводородов. Электролитический синтез. Неуглеродные нанотрубки.

#### **Тема 4. Неорганические наноструктуры: режимы самоорганизации (3 час.)**

Тонкие пленки, нанопроволоки, квантовые точки. Размерные эффекты. Химическое осаждение из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Три основных механизма роста тонких пленок: Франка-вад дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского-Крастанова. Формирование квантовых проволок на вицинальных поверхностях. Формирование квантовых точек в режиме Странского-Крастанова. Литография. ПЖК-механизм для получения вискероов. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт.

#### **Тема 5. Нанопористые материалы (2 час.)**

Золь-гель метод. Нанопористые мембраны. Осмос. Обратный осмос. Диализ. Ультрафильтрация. Цеолиты. Пористый кремний. Электрохимическое травление. Молекулярные сита. Темплатный синтез. Гидротермальный синтез.

#### **Тема 6. Понятие об органических наноструктурах (2 час.)**

Органические молекулы. Супермолекулы. Мицеллы. Липосомы.

#### **Тема 7. Наноструктуры из растворов (2 час.)**

Коллоидные растворы: наносuspensions, наноэмульсии, наноаэрозоли. Седиментационная и агрегативная устойчивость. Конденсационный метод. Диспергационный метод. Метод пептизации. Самопроизвольное диспергирование.

#### **Тема 8. Формирование упорядоченных наноструктур (2 час.)**

Нанолитография: электронная, ионная, рентгеновская. Нанопечать: чернильная печать, тиснение.

#### **Тема 9. Биомолекулы (2 час.)**

Нуклеиновые кислоты, Белки, Ферменты. Биомолекулярные комплексы. Тубулярные, слоистые и гибридные бионаноструктуры.

#### **Тема 10. Зондовые нанотехнологии (2 час.)**

Параллельные и перпендикулярные процессы переноса атомов. Локальное окисление. Локальное химическое осаждение из газовой фазы.

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

### **Лабораторные работы (22 час.)**

#### **Лабораторная работа №1. (6 час.)**

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Подготовка к эпитаксиальному выращиванию на кремниевых подложках.

Предварительная очистка образца, подготовка источников, загрузка в сверхвысоковакуумную камеру, получение сверхвысокого вакуума.

#### **Лабораторная работа №2. (6 час.)**

Формирование тонких пленок. Получение атомарно-чистой поверхности кремниевого образца. Контроль структуры и химического состава. Калибровка скорости источников.

#### **Лабораторная работа №3. (5 час.)**

Формирование эпитаксиальных изотипных р-п переходов. Осаждение легированной и нелегированной эпитаксиальной пленки кремния на монокристаллическую подложку.

#### **Лабораторная работа №4. (5 час.)**

Контроль процесса формирования эпитаксиальной пленки в ходе ее осаждения. Дифракция быстрых и медленных электронов, масс-спектрометрический анализ атмосферы ростовой камеры. Контроль морфологии эпитаксиальной пленки.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии» 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 разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Тема 1. Получение наночастиц металлов и их соединений	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 1-2
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 1
2.	Тема 2. Фуллерены	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 3-4
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 2
3.	Тема 3. Углеродные нанотрубки	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 5-6
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание,

					контрольная работа 3
4.	Тема 4. Неорганические наноструктуры: режимы самоорганизации	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 7-8
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 4
5.	Тема 5. Нанопористые материалы	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 9-10
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 5
6.	Тема 6. Понятие об органических наноструктурах	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 11-12
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 6
7.	Тема 7. Наноструктуры из растворов	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 13-14
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 7
8.	Тема 8. Формирование упорядоченных наноструктур	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 15-16

			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 8
9.	Тема 9. Биомолекулы	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 17-20
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
10	Тема 10. Зондовые нанотехнологии	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 21-23
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание

Типовые контрольные задания, 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. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2013. - 477 стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8683](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8683)
2. Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2010. - 365 стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3134](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3134)
3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий – Изд. "Машиностроение", 2012. - 656 стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)
4. Валянский С.И. Наноматериалы [Электронный ресурс] : ленгмюровские пленки. Учебное пособие / С.И. Валянский, Е.К. Наими. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2014. — 188 с  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-56568&theme=FEFU>
5. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2012. - 431 стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8688](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8688)

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

1. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий – Изд. "Физматлит", 2009. - 456 стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2291](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2291)
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2012. - 431 стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8688](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8688)
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2005. 416стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2173](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2173)

## **Перечень ресурсов сети «Интернет»**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru))
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
6. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
7. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows, Microsoft Office и др.).

## **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 осуществления образовательного процесса по дисциплине предлагается учебная аудитория с белой доской и мультимедийной аппаратурой (ноутбук, проектор, экран).



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

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Процессы получения наночастиц и наноматериалов.  
Нанотехнологии»**

**Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»**

**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 неделя 8 семестра	Подготовка к лабораторному занятию	6 час.	Ответы на контрольные вопросы
2	3-4 недели 8 семестра	Подготовка отчета по лабораторному занятию	4 час.	Защита отчета
3	5 неделя 8 семестра	Подготовка к лабораторному занятию	6 час.	Ответы на контрольные вопросы
4	6-8 недели 8 семестра	Подготовка отчета по лабораторному занятию	4 час.	Защита отчета
5	9 неделя 8 семестра	Подготовка к лабораторному занятию	6 час.	Ответы на контрольные вопросы
6	10-12 недели 8 семестра	Подготовка отчета по лабораторному занятию	4 час.	Защита отчета
7	13 неделя 8 семестра	Подготовка к лабораторному занятию	6 час.	Ответы на контрольные вопросы
8	14-16 недели 8 семестра	Подготовка отчета по лабораторному занятию	6 час.	Защита отчета
9	18 неделя 8 семестра	Подготовка к экзамену	36 час.	Экзамен
Итого			78 час.	

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

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку отчетов к 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 практическим занятиям).

К представлению и оформлению отчетов по практическим занятиям предъявляются следующие требования.

### **Структура отчета**

Отчеты 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 работе комплектуется по следующей схеме:

✓ *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для 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 работе

Отчет по 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.

### **Подготовка к контрольным работам**

Подготовка к контрольным работам проводится по тематике лекций в рамках рассмотренных тем. Вопросы выносятся на контрольные работы без их предварительного обсуждения. Преподаватель оставляет за собой право проводить короткие по времени контрольные работы (до 10 минут) с ответом на 5 коротких вопросов, сформулированных в строгом соответствии с темами лекционных занятий и списком предлагаемых для самоконтроля вопросов.



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

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Процессы получения наночастиц и наноматериалов.**  
**Нанотехнологии.»**  
**Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-7- способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	Знает	принципы устройства современных электронных приборов, их характеристики, предельные условия функционирования, зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, методы работы с измерительными приборами и измерительными комплексами.
	Умеет	эксплуатировать современные измерительные приборы и комплексы, работать на вычислительном оборудовании; применять информационные и коммуникационные технологии в решении практических задач.
	Владеет	средствами передачи и получения данных, навыками использования операционных систем, сетевых технологий и основных средств разработки программного обеспечения, основами моделирования электронных приборов и схем.
ПК-2 - способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;	Знает	основные и альтернативные методики экспериментального изучения наночастиц и наноматериалов, особенности отбора и подготовки образцов для анализа
	Умеет	планировать экспериментальные исследования, выбирать необходимые приборы и оборудование, выполнять измерения параметров и определять характеристики наночастиц и наноматериалов
	Владеет	навыками работы с измерительными приборами и установками, используемыми для экспериментального исследования наночастиц и наноматериалов, приемами обработки многократных измерений и определения погрешности измерений

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация

1.	Тема 1. Получение наночастиц металлов и их соединений	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 1-2
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 1
2.	Тема 2. Фуллерены	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 3-4
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 2
3.	Тема 3. Углеродные нанотрубки	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 5-6
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 3
4.	Тема 4. Неорганические наноструктуры: режимы самоорганизации	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 7-8
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 4
5.	Тема 5. Нанопористые материалы	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 9-10

			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 5
6.	Тема 6. Понятие об органических наноструктурах	ОПК-7	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 11-12
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 6
7.	Тема 7. Наноструктуры из растворов	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 13-14
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 7
8.	Тема 8. Формирование упорядоченных наноструктур	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 15-16
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание, контрольная работа 8
9.	Тема 9. Биомолекулы	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 17-20
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание

			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
10	Тема 10. Зондовые нанотехнологии	ПК-2	знает	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, вопросы 21-23
			умеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание
			владеет	лабораторное занятие (ПР-6)	зачет, задание

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-7- способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности ;	знает (пороговый уровень)	принципы устройства современных электронных приборов, их характеристики, предельные условия функционирования, зависимости характеристик и параметров от условий эксплуатации, методы работы с измерительными приборами и измерительными комплексами.	Уровень знаний, изложенных студентом по компетенции ОПК-7 данной дисциплины	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов
	умеет (продвинутый)	эксплуатировать современные измерительные приборы и комплексы, работать на вычислительном оборудовании; применять информационные и коммуникационные технологии в решении практических задач.	Уровень умений, демонстрируемых студентом по компетенции ОПК-7 данной дисциплины	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов

	владеет (высокий)	средствами передачи и получения данных, навыками использования операционных систем, сетевых технологий и основных средств разработки программного обеспечения, основами моделирования электронных приборов и схем.	Уровень навыков, которыми владеет студент по компетенции ОПК-7 данной дисциплины	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов
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 (пороговый уровень)	основные и альтернативные методики экспериментального изучения наночастиц и наноматериалов, особенности отбора и подготовки образцов для анализа	Уровень знаний, изложенных студентом по компетенции ПК-2 данной дисциплины	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов
	умеет (продвинутой)	планировать экспериментальные исследования, выбирать необходимые приборы и оборудование, выполнять измерения параметров и определять характеристики наночастиц и наноматериалов	Уровень умений, демонстрируемых студентом по компетенции ПК-2 данной дисциплины	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов
	владеет (высокий)	навыками работы с измерительными приборами и установками, используемыми для экспериментального исследования наночастиц и наноматериалов, приемами обработки многократных измерений и определения погрешности измерений	Уровень навыков, которыми владеет студент по компетенции ПК-2 данной дисциплины	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов

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

- Отлично - если ответ показывает, что студент глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически

стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, правильно обосновывает принятое решение. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

- Хорошо - ответ, обнаруживающий что студент 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. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

- Удовлетворительно - оценивается ответ, свидетельствующий что студент имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Знает не все простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

- Неудовлетворительно - ответ, обнаруживающий что студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Не знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

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

### **Вопросы к экзамену**

1. Разновидности наноматериалов и нанотехнологий.
2. Наночастица. Технологии испарения-конденсации и плазмохимический синтез.
3. Наночастица. Механохимический, детонационный и электровзрывной синтез.
4. Фуллерены. Виды производных фуллеренов. Возгонка графита с последующей десубли-мацией.
5. Фуллерены. Виды производных фуллеренов. Пиролиз углеводородов.
6. Углеродные нанотрубки. Электролитический синтез.
7. Углеродные нанотрубки. Каталитический синтез. Возгонка графита.
8. Заполненные углеродные нанотрубки. Неуглеродные нанотрубки.
9. Методы формирования нанопленок. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт.
10. Нанопроволоки. Вискеры. Методы формирования.
11. Методы формирования квантовых точек.
12. Супермолекулы, мицеллы и липосомы.
13. Нанопористые материалы: мембраны, цеолиты, пористый кремний. Методы получения.
14. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез.
15. Коллоидные растворы. Конденсационный метод. Метод пептизации.
16. Коллоидные растворы. Диспергационный метод. Метод пептизации.
17. Нанолитография: электронная, ионная, рентгеновская. Нанопечать.

18. Консолидированные наноматериалы. Нанокристаллические материалы. Технология компактирования нанопорошков.
19. Нанокристаллические материалы. Технология пластического деформирования. Кристаллизация из аморфного состояния.
20. Консолидированные наноматериалы. Фуллериты. Фотонные кристаллы.
21. Консолидированные наноматериалы. Нанокompозиты.
22. Биомолекулы: нуклеиновые кислоты, белки, ферменты.
23. Зондовые нанотехнологии.

### **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.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

#### **Контрольная работа №1**

1. Термическое вакуумное напыление. Суть данного метода формирования материала и его реализация.
2. Резистивное напыление. Суть данного метода формирования материала и его реализация.
3. Индукционное напыление. Суть данного метода формирования материала и его реализация.
4. Электронно-лучевое напыление. Суть данного метода формирования материала и его реализация.

#### **Контрольная работа №2**

1. Лазерное напыление. Суть данного метода формирования материала и его реализация.

2. Катодное распыление, магнетронное осаждение и высокочастотное распыление. Суть каждого метода формирования материала и его реализация.
3. Механизмы роста пленок на ориентирующих подложках (механизмы Франка-Ван дер Мерве, Фольмера-Вебера и Странски-Крастанова) и их причины.

### **Контрольная работа №3**

1. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Суть данного метода формирования материала и его реализация.
2. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Суть данного метода формирования материала и его реализация.
3. Атомно-слоевое осаждение. Суть данного метода формирования материала и его реализация.
4. Дуговой метод создания углеродных наноматериалов. Суть данного метода формирования материала и его реализация.

### **Контрольная работа №4**

1. Лазерное испарение графита для создания углеродных наноматериалов. Суть данного метода формирования материала и его реализация.
2. Синтез углеродных наноматериалов из углеродсодержащих газов. Суть данного метода формирования материала и его реализация (HiPCO и CoMoCAT).
3. Пиролиз углеводородов. Суть данного метода формирования материала и его реализация (с катализатором на носителе и с летучим катализатором).

### **Контрольная работа №5**

1. Гетеропленки. Формирование искусственных нанотрубок GaAs/InAs из гетеропленки GaAs/InAs/AlAs/InP. Роль каждого вещества в этом процессе. Где можно применить?

2. Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей. Изложить суть каждого метода. Где можно применить нановолокна и спирали?
3. Наногофрированные структуры. Получение наногофрированной структуры из гетеропленки GaAs/InAs/AlAs/InP. Использование гетеропленки InAs/AlAs/InP для формирования наногофрированной структуры с одной полуволной в зазоре.

#### **Контрольная работа №6**

1. Как сформировать пленку с многократной гофрировкой (разместить несколько полуволен в зазоре)? Зачем нужны наногофрированные структуры?
2. Технология создания квантовых точек и нитей (проволок). Особенности формирования квантовых точек из силицидообразующих металлов. Чем отличаются квантовые точки, нити и ямы от обычных островков и тонкой пленки?
3. Нанопечатная литография. Суть данного метода и его реализация. Отличие ее от пучковой литографии. Недостатки и достоинства нанопечатной литографии.
4. Ионный синтез квантовых наноструктур. Суть данного метода и его реализация.

#### **Контрольная работа №7**

1. Сверхрешетка. Нуль- и одномерные сверхрешетки. Вклад сверхрешетки в электронную структуру полупроводника. Получение сверхрешеток.
2. Методы исследования размеров выращенных наноструктур (атомно-силовая микроскопия, растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), высокоразрешающая ПЭМ). Суть данных методов и их реализация.

#### **Контрольная работа №8**

1. Аллотропные модификации углерода. Алмазные пленки.
2. Графен – двумерный монокристалл.

3. Нанотрубки и фуллерены. Их применение.
4. Классификация мультиферроиков. Магнитные полупроводники.
5. Спин-электронные слоистые структуры.