



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)
ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП

Давыденко А.В.
(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ
и.о. директора Департамента общей и экспериментальной
физики

Короченцев В.В.
(И.О. Фамилия)

«28» февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Профиль: нанотехнологии в электронике
Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 **Электроника и нанoeлектроника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 5 от «28» февраля 2023 г.

И.о. директора Департамента общей и экспериментальной физики: канд. хим. наук, доцент Короченцев В.В.

Составители: доктор физ.-мат. наук, Горошко Д.Л.

Владивосток
2023

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «28» февраля 2023 г. № 5.

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «___» _____ 202 г. № _____

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «___» _____ 202 г. № _____

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «___» _____ 202 г. № _____

Аннотация дисциплины

Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы / 144 академических часа. Является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений ОП, блок дисциплин (модулей) по выбору, изучается на 4 курсе и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 22 часов, лабораторных работ – 44 часа, а также выделены часы на самостоятельную работу студента – 78 часов (в том числе 36 часов на подготовку к экзамену).

Язык реализации: русский.

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

Задачи:

- Познакомить студентов с понятием наноматериалов и их классификацией по структурным признакам.
- Познакомить студентов с областью применения наноматериалов.
- Изучить технологии получения наноматериалов.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: ОПК-1.1 формулирует фундаментальные законы природы и основные физические математические законы; ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; ОПК-1.3. Использует знания физики и математики при решении практических задач; ОПК-2.1 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи, полученных в результате изучения дисциплин «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния», «Неорганическая, органическая и физическая химия».

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют формирование следующих компетенций, индикаторов достижения компетенций:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Профессиональная компетенция	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-3.2 Осуществляет настройку высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	<u>Знает</u> правила настройки и эксплуатации высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники; <u>Умеет</u> настраивать высокотехнологическое оборудование производства материалов и изделий нанoeлектроники; <u>Владеет</u> приемами настройки высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации
Профессиональная компетенция	ПК-5 Способен к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования	ПК-5.1 Соблюдает правила эксплуатации технологического оборудования	<u>Знает</u> нормативную базу правил эксплуатации технологического оборудования; <u>Умеет</u> эксплуатировать технологическое оборудование; <u>Владеет</u> приемами эксплуатации технологического оборудования в соответствии с утвержденными правилами

I. Цели и задачи освоения дисциплины

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

Задачи:

- Познакомить студентов с понятием наноматериалов и их классификацией по структурным признакам.
- Познакомить студентов с областью применения наноматериалов.
- Изучить технологии получения наноматериалов.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: ОПК-1.1 формулирует фундаментальные законы природы и основные физические математические законы; ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; ОПК-1.3. Использует знания физики и математики при решении практических задач; ОПК-2.1 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи, полученные в результате изучения дисциплин «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния», «Неорганическая, органическая и физическая химия».

Профессиональные компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине

Тип задач	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
производственно-технологический	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-3.2 Осуществляет настройку высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в	<u>Знает</u> правила настройки и эксплуатации высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники; <u>Умеет</u> настраивать высокотехнологическое оборудование производства материалов и изделий нанoeлектроники;

		соответствии с правилами настройки и эксплуатации	<u>Владеет</u> приемами настройки высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации
сервисно-эксплуатационный	ПК-5 Способен к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования	ПК-5.1 Соблюдает правила эксплуатации технологического оборудования	<u>Знает</u> нормативную базу правил эксплуатации технологического оборудования; <u>Умеет</u> эксплуатировать технологическое оборудование; <u>Владеет</u> приемами эксплуатации технологического оборудования в соответствии с утвержденными правилами

II. Трудоемкость дисциплины и виды учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК*	СР	Конт роль	
1	Раздел I. Наночастицы и наноматериалы	8	11	22	-	0	42	36	Экзамен
2	Раздел II. Нанотехнологии	8	11	22	-				
	Итого:		22	44	-	0	42	36	

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Наночастицы и наноматериалы

Тема 1. Получение наночастиц металлов и их соединений

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

Полиморфизм углерода. Фуллерен C₆₀ 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

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

Тема 4. Неорганические наноструктуры: режимы самоорганизации

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

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

Раздел II. Нанотехнологии

Тема 6. Понятие об органических наноструктурах

Органические молекулы. Супермолекулы. Мицеллы. Липосомы.

Тема 7. Наноструктуры из растворов

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

Тема 8. Формирование упорядоченных наноструктур

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

Тема 9. Биомолекулы

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

Тема 10. Зондовые нанотехнологии

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

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Каждое занятие подразумевает

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Получение допуска к выполнению лабораторной работы, постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы

3. Выполнение заданий практической части лабораторной работы.

4. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

5. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

6. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

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.

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

Контроль процесса формирования эпитаксиальной пленки в ходе ее осаждения. Дифракция быстрых и медленных электронов, масс-

спектрометрический анализ атмосферы ростовой камеры. Контроль морфологии эпитаксиальной пленки.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №1. Виды наноматериалов.

1. Классификация наноматериалов. Наночастицы. Наноструктурные материалы.

2. Наночастицы: нанокластеры, нанокристаллы, фуллерены, нанотрубки, супермолекулы, биомолекулы, мицеллы, липосомы.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №2. Углеродные наноматериалы.

1. Полиморфизм углерода. Алмаз. Графит. Фуллерен.

2. Термическое распыление графита. Условия формирования фуллеренов и нанотрубок.

3. Методы получения однослойных нанотрубок.

4. Действие катализаторов при термическом распылении графита.

5. Другие методы формирования нанотрубок и фуллеренов.

6. Размерные эффекты. Квантовые ограничения.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №3. Тонкие пленки.

1. Формирование тонких пленок. Химическое осаждение из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Три основных механизма роста тонких пленок.

2. Формирование нанопроволок методом МЛЭ. Осаждение в режиме Франка–Ван-дер-Мерве. Вискеры.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №4. Квантовые точки.

1. Формирование квантовых точек. Осаждение в режиме Странского-Крастанова.

2. Коллоидные системы. Дисперсная фаза. Дисперсная среда. Седиментационная и агрегативная устойчивость. Методы получения: конденсация, диспергирование, пептизация.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №5. Нанопористые материалы.

1. Нанопористые мембраны, цеолиты и пористый кремний. Осмос. Обратный осмос. Диализ и ультрафильтрация.

2. Зондовые нанотехнологии. Параллельные и перпендикулярные процессы.

V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства *	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Наночастицы и наноматериалы	ПК-3.2 Осуществляет настройку высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	<u>Знает</u> правила настройки и эксплуатации высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники;	УО-1	вопросы к экзамену 1-12
			<u>Умеет</u> настраивать высокотехнологическое оборудование производства материалов и изделий нанoeлектроники;	УО-1	
			<u>Владеет</u> приемами настройки высокотехнологического оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	ПР-2	
2	Раздел 2. Нанотехнологии	ПК-5.1 Соблюдает правила эксплуатации технологического оборудования	<u>Знает</u> нормативную базу правил эксплуатации технологического оборудования;	УО-1	вопросы к экзамену 13-23
			<u>Умеет</u> эксплуатировать технологическое оборудование;	УО-1	
			<u>Владеет</u> приемами эксплуатации технологического оборудования в соответствии с утвержденными правилами	ПР-2	
3	Экзамен				ПР-2

* Формы оценочных средств:

1) собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2); доклад, сообщение (УО-3); круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты (УО-4); и т.д.

2) тесты (ПР-1); контрольные работы (ПР-2), эссе (ПР-3), рефераты (ПР-4), курсовые работы (ПР-5), научно-учебные отчеты по практикам (ПР-6); лабораторная работа (ПР-7); портфолио (ПР-8); проект (ПР-9); деловая и/или ролевая игра (ПР-10); кейс-задача (ПР-11); рабочая тетрадь (ПР-12); и т.д.

3) тренажер (ТС-1); и т.д.

VI. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

VII. СПИСОК 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?p11_cid=25&p11_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?p11_cid=25&p11_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

4. Валянский С.И. Наноматериалы [Электронный ресурс] : лангмюровские 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>

Дополнительная литература

5. 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

6. 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

7. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2005. 416стр.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2173

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Проект о современной фундаментальной науке «ПостНаука» <http://postnauka.ru>
4. Нанотехнологическое общество «Нанометр» <http://www.nanometer.ru>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее

программное обеспечение: Microsoft Teams, Microsoft Office (Power Point, Word), Blackboard Learn, программное обеспечение сервисов сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

Информационно справочные системы и профессиональные базы данных:

1. ЭБС ДВФУ - <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>
2. Электронная библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента»: <http://www.studentlibrary.ru>
4. Электронная библиотечная система «eLIBRARY.RU»: <http://www.elibrary.ru/>
5. Электронная библиотечная система «Юрайт»: <http://www.urait.ru/ebs>
6. Электронная библиотечная система «Znanium»: <http://znanium.com/>
7. Электронная библиотечная система IPRbooks: <http://iprbookshop.ru/>
8. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
9. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.ur01>
10. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
11. Информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам" - <http://window.edu.ru/>
12. Доступ к электронному заказу книг в библиотеке ДВФУ - <http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнение аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам, выполнение контрольных работ.

Освоение дисциплины «Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии» предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине «Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии» является экзамен.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	ПЕРЕЧЕНЬ ПО
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт.	ПЕРЕЧЕНЬ ПО

<p>Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб.А1017. Аудитория для самостоятельной работы</p>	<p>Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Хerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)</p>	
---	--	--