

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 07 » 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Программа подготовки

Уровень высшего образования: бакалавриат  
(бакалавр, магистр, дипломированный специалист)

Форма обучения очная  
(очная, очно-заочная, заочная, сокращенная)

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	6/216	18	18	36	99	экзамен (45)
<b>Итого</b>	6/216	18	18	36	99	экзамен (45)

Владимир  
2015 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование знаний об основных методах определения дисперсности наноматериалов, элементного, фазового состава, а также областях применения каждого метода.

### Задачи дисциплины:

- знакомство с теоретическими основами современных средств диагностики наноструктурированных материалов;
- получение практических навыков при работе на современных диагностических комплексах, а также трактовании/расшифровке полученных данных.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» относится к дисциплинам базовой части ОПОП подготовки бакалавров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Изучение дисциплины предполагает наличие фундаментальных знаний, которые формируются у студентов при изучении предшествующих дисциплин базовой части: «Физика», «Физические основы микро- и наносистемной техники», «Материаловедение наноструктурированных материалов».

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении других специальных дисциплин по направлению подготовки, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- 1) способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);
- 2) готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-2);
- 3) готовностью использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-9).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать: основные определения дисперсности наноматериалов, элементного, фазового состава (ПК-2).
- 2) Уметь: выбирать класс оборудования для анализа и контроля наноматериалов в соответствии со спецификой технических задач (ОПК-7).
- 3) Владеть: методами атомно-силовой и растровой микроскопии, дифракционными и спектральными методами для диагностики наноструктурированных материалов (ПК-9).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	мест дел се- мест	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Объем учебной работы,	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра),
-------	----------------------------	--	-----------------------	---

дисциплины			Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР	с применением интерактивных методов (в часах / %)	форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
1	Методы определения дисперсности материалов и поверхностных свойств.	6	1-14	14	-	14	28	-	50	-	19/39%	Рейтинг-контроль №1 (6 неделя, на практическом занятии). Рейтинг-контроль №2 (12 неделя, на практическом занятии).
2	Методы определения элементного и фазового состава наноматериалов	6	15-18	4	-	4	8	-	49	-	6/25%	Рейтинг-контроль №3 (18 неделя, на практическом занятии).
Всего		6	18	18	-	18	36	-	99	-	31/43%	экзамен

## Содержание дисциплины

### Лекции

**Раздел 1.** Методы определения дисперсности материалов и поверхностных свойств.

1.1. Классификация наноматериалов по размерам и свойствам. Сопоставление свойствам материалов методы исследования и контроля. 2ч

1.2. Методы определение дисперсности материалов: метод газопроницаемости, статические и динамические адсорбционные методы. Световые микроскопы, растровые оптические микроскопы (РОМ). 2ч

1.3. Растровая электронная микроскопия. Принцип работы. Схема взаимодействия основных элементов. Разрешающая способность. Влияние рельефа и элементного состава материала на получаемые данные. Стереометрические измерения. 4ч

1.4. Зондовая микроскопия: атомно-силовая микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, электро-силовая микроскопия. Принцип работы. Схема взаимодействия основных элементов. Разрешающая способность. 4ч

1.5. Методы дифракции рентгеновских лучей и нейтронов, динамическое рассеяние света. 2ч

**Раздел 2.** Методы определения элементного и фазового состава наноматериалов.

2.1. Методы определения элементного состава: химические и физические. Гравиметрический и титриметрический анализ. Спектральные методы: атомно-абсорбционный, рентгено-спектральный, масс-спектральный. 2ч

2.2. Методы анализа фазового состава: методы рентгеновской, электронной и нейтронной дифракции. 2ч

### Лабораторные занятия

Тема 1. Ознакомление с принципами работы оптического микроскопа. Определение дисперсности порошковых материалов 4ч

Тема 2. Ознакомление с принципами работы растрового электронного микроскопа на примере прибора Quanta 200 3D. Изучение основных операций в программе управления прибором. 4ч

Тема 3. Изучение информативности сигнала истинно вторичных и упруго отраженных электронов в РЭМ изображениях. 4ч.

Тема 4. Ознакомление с принципами работы атомно-силового микроскопа на примере прибора Ntegra Aura. Изучение основных операций в программе управления прибором

Nova. Реализация контактного и прерывисто-контактного режимов сканирования 4ч.

Тема 5. Получение вольт-амперных характеристик материалов методом СТМ 4ч.

Тема 6. Исследование приповерхностных свойств при помощи АСМ: электрических, магнитных . 4ч.

Тема 7. Определение дисперсности частиц коллоидного раствора методом динамического рассеяния света на приборе Horiba. 4ч.

Тема 8. Изучение изменение оптических свойств наноматериалов в зависимости от размера частиц спектральными методами 4ч.

Тема 9. Практические навыки работы на приборе малоуглового рентгеновского рассеяния 2ч.

Тема 10. Работа с мировыми банками структурных данных (МИНКРИСТ, Mercury)

### **Практические работы**

Тема 1. Интегральные характеристики определения дисперсности материалов. 2ч

Тема 2. Просвечивающая электронная микроскопия и микроскопия высокого разрешения 4ч

Тема 3. Инфракрасная спектроскопия. 2ч

Тема 4. Определение химического состава атомно-эмиссионным спектральным методом по атомным спектрам вещества 2ч

Тема 5. Химические методы определения элементного состава наноматериалов 2ч

Тема 6. Дифракционные методы: рентгеновская, нейтронная, электронная. 6ч

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В рамках лекционного курса:

### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

### **5.2. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы, к практическим занятиям. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, подготовка отчета по лабораторному практикуму.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора. Студентам предоставляется компьютерный курс лекций, а также организуются мастер-классы, предполагающие демонстрацию приемов, технологий, методов обработки и анализа изображений исследуемых нанообразцов на конкретных задачах.

### **5.4. Рейтинг-контроль**

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий, рассматриваемых на практических занятиях. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Экзаменационные вопросы**

1. Как происходит формирование изображения в РЭМ
2. Как происходит формирование изображения в АСМ
3. Чем обусловлена большая глубина фокуса в РЭМ

4. Определение дисперсности по динамическому рассеянию света
5. Какова информативность истинно вторичных электронов
6. Какова информативность упруго отраженных электронов
7. Какие методы позволяют получить распределение наночастиц по размерам
8. Классификация спектрометрии
9. Принцип метода МУР
10. Представить схему эмиссионного спектрального анализа
11. Методы исследования поверхности материалов
12. Анализ траекторий наночастиц, седиментационный анализ, ультразвуковые методы;
13. Рентгенодифракционные методы;
14. Электронная спектроскопия;
15. Колебательная микроскопия;
16. Нейтронная дифрактометрия;
17. Магнитная нейтронография.

### **6.3. Вопросы рейтинг-контроля**

#### **Рейтинг-контроля №1**

1. Схема оптического микроскопа и основные параметры.
2. Как формируется зонд в РЭМ.
3. Как выглядит спектр вторичных электронов.
4. Как формируется контраст изображения в истинно вторичных электронах.
5. Определить дифракционный предел РЭМ, чем на самом деле определяется разрешающая способность РЭМ.

#### **Рейтинг-контроля №2**

1. Принцип работы СТМ. Туннельный ток.
2. Силовое взаимодействие зонд-образец в АСМ.
3. Оптическая система регистрации отклонения зонда.
4. Микроскопия латеральных сил.
5. Разрешающая способность АСМ в контактном режиме.
6. Метод фазового контраста.

#### **Рейтинг-контроля №3**

1. Химический метод определения элементного состава.
2. Физический метод определения элементного состава.
3. Гравиметрический метод.
4. Титриметрический метод.
5. Атомно-адсорбционный метод.
6. Рентгеноспектральный метод.
7. Масс-спектрометрия.

### **6.3. Вопросы для контроля самостоятельной работы:**

1. Преимущества и недостатки вибрационных методик.
2. Потенциал Леннарда-Джонса и зависимость сил от расстояния.
3. Резонансная частота кантилевера.
4. Силы, действующие на зонд.
5. Методы математической обработки АСМ изображений.
6. Кривые подвода-отвода.
7. Схема взаимодействия основных элементов СТМ.
8. Калибровка сканера и тестирование зонда.
9. Артефакты сканирования.
10. Оже-спектроскопия.
11. Дифракция медленных электронов.
12. Магнитно-силовая микроскопия.
13. Микроскопия ближнего поля.
14. Просвечивающая электронная микроскопия.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература:**

1. Введение в фемтонанопластику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие// С.М. Аракелян и др.—М.:Логос, 2015.—744 с.
2. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур// А. Сигов – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013.- 184с.
3. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Часть II/ВеличкоА.А., ФилимоноваН.И. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 227 с.: ISBN 978-5-7782-2534-3

### **Дополнительная литература:**

1. Современные методы структурного анализа веществ: учебник / Куприянов М.Ф., Рудская А.Г., Кофанова Н.Б. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2009. - 288 с. ISBN 978-5-9275-0653-8.
2. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I: учебное пособие/ Филимонова Н.И., Кольцов Б.Б.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 134 с.
3. Сергеев, А. Г. Нанометрология : монография / А. Г. Сергеев. – М. : Логос, 2011. – 416 с. - ISBN 978-5-98704-494-0

### **Интернет-ресурсы:**

1. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов «МИНКРИСТ»// Режим доступа: <http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/>
2. Кембриджский банк структурных данных// Режим доступа: [http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client\\_log\\_in.php?first\\_attempt=1](http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client_log_in.php?first_attempt=1)

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

Лекционные аудитории, оснащённые доской и переносным проектором для проведения занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов (420-3). Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением (122б-3) и научные лаборатории (105-3, 104-3, 419-3, 123-3), где размещены современные диагностические комплексы: растровый электронный микроскоп Quanta 200 3D, зондовая нанолаборатория Ntegra Aura, спектрометр, дифрактометр.



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Рабочую программу составил старший преподаватель каф. ФиПМ Горшков К.А.  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) и. спец. научно-метод. отдела ФКП "ГМТ Радуга"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016-2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2017 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.