

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

Институт прикладной математики, физики и информатики
(Наименование института)



УТВЕРЖДАЮ:
Директор института

_____ К.С. Хорьков

_____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ
(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Нанотехнологии и микросистемная техника
(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир
2021

ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» является формирование знаний об основных методах определения характеристик наноматериалов, их элементного и фазового состава, а также областях применения каждого метода.

Задачи:

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

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» относится к обязательной части учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации. УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, необходимой для анализа характеристик наноструктурированных материалов и систем. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их при анализе характеристик наноструктурированных материалов и систем. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Курсовая работа
УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.1. Знает литературную форму государственного языка, основы устной и письменной коммуникации на иностранном языке, функциональные стили родного языка, требования к деловой коммуникации. УК-4.2. Умеет выражать свои мысли на государственном, родном и иностранном языке в ситуации деловой коммуникации. УК-4.3. Владеет навыками составления текстов на государственном и родном языках, опыт перевода	Знает литературную форму и функциональные стили русского языка, основы устной и письменной коммуникации на иностранных языках. Умеет выражать свои мысли на русском и иностранном языке в ситуации деловой коммуникации. Владеет: • навыками делового общения на государственном языке РФ; • навыками перевода	Курсовая работа

	<p>текстов с иностранного языка на родной, опыт общения на государственном и иностранном языках.</p>	<p>профессиональных текстов с иностранного на государственный язык РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • опытом публичного выступления, представления материалов по заданной теме на русском языке; • опытом составления текстов разных функциональных стилей на русском языке; • навыками использования инструментов автоматизированного перевода. 	
<p>УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни</p>	<p>УК-6.1. Знает основные принципы самовоспитания и самообразования, исходя из требований рынка труда. УК-6.2. Умеет эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития, самообучения. УК-6.3. Владеет способами управления своей познавательной деятельностью и удовлетворения образовательных интересов и потребностей.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные тенденции развития методов анализа и контроля наноматериалов; • основные источники информации и способы приобретения знаний и навыков в области анализа и контроля наноматериалов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулировать цели профессионального развития в области анализа и контроля наноматериалов; • работать с различными источниками информации приобретения новых знаний и навыков в области анализа и контроля наноматериалов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками планирования рабочего времени и времени на саморазвитие; • навыками самостоятельного приобретения новых знаний и навыков. 	<p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации</p> <p>Отчеты по лабораторным работам</p> <p>Курсовая работа</p>
<p>ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p>ОПК-3.1. Знает принципы организации и проведения экспериментальных исследований, основы регрессионного анализа, статистические методы, методы системного анализа. ОПК-3.2. Умеет составлять схемы для проведения экспериментальных исследований, обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований. ОПК-3.3. Владеет навыками выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений,</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • принципы организации и проведения экспериментальных исследований; • основы регрессионного анализа. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • составлять схемы для проведения экспериментальных исследований; • обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований. <p>Владеет:</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации</p>

	оценки погрешностей, методами и средствами измерения, поверки и контроля с использованием информационных систем, методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.	<ul style="list-style-type: none"> • навыками выполнения измерений и обработки данных измерительных наблюдений; • методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем. 	
ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	<p>ОПК-5.1. Знает перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающего безопасную работу при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, основы нанобезопасности.</p> <p>ОПК-5.2. Умеет оценивать по критериям эффективности и безопасности технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>ОПК-5.3. Владеет методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень оборудования, обеспечивающего безопасную работу при анализе и контроле наноматериалов; • основы нанобезопасности. <p>Умеет оценивать по критериям эффективности и безопасности технические решения для анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.</p> <p>Владеет методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации</p>
ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники	<p>ОПК-7.1. Знает прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, используемые при решении инженерных задач.</p> <p>ОПК-7.2. Умеет проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов.</p> <p>ОПК-7.3. Владеет методиками организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины.</p>	<p>Знает прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, используемые при решении инженерных задач.</p> <p>Умеет проектировать и сопровождать процессы анализа и контроля наноматериалов.</p> <p>Владеет методиками организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации</p>
ПК-2. Способен проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	<p>ПК-2.1. Знает основные физико-химические модели в области нанотехнологий и микросистемной техники, методы проведения экспериментов и наблюдений, структуру, свойства и назначение наноматериалов и наноструктур.</p> <p>ПК-2.2. Умеет применять методы проведения экспериментов для анализа работы и синтеза микроэлектромеханических устройств, материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментов,</p>	<p>Знает основные методики экспериментальных исследований синтеза и анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>Умеет планировать и проводить исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>Владеет навыками выбора оптимальных методов исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации</p>

	наблюдений и измерений, анализа мультифизических взаимодействий, процессов и явлений в области нанотехнологий и микросистемной техники.		
ПК-4. Способен совершенствовать процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-4.1. Знает основные методы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, а также назначение, устройство и принцип действия используемого для этого оборудования. ПК-4.2. Умеет работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией. ПК-4.3. Владеет навыками внедрения и контроля качества новых методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.	Знает базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований наноматериалов и компонентов. Умеет осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования. Владеет навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования.	Отчеты по лабораторным работам Контрольные вопросы к лабораторным работам Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Методы определения дисперсности материалов и поверхностных свойств.	5	1-12	14	14	28	42	58	Рейтинг-контроль № 1, Рейтинг-контроль № 2
2	Методы определения элементного и фазового состава наноматериалов	5	13-18	4	4	8	12	59	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 5 семестр:		5	1-18	18	18	36	54	117	Экзамен, 27 ч.
Наличие в дисциплине КГП/КР		5	1-18	-	-	-	-	КР	Курсовая работа
Итого по дисциплине		5	1-18	18	18	36	54	117	Экзамен, 27 ч.

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Методы определения дисперсности материалов и поверхностных свойств.

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

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

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

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

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

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, рентгеноспектральный, масс-спектральный.

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

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Интегральные характеристики определения дисперсности материалов.

Тема 2. Просвечивающая электронная микроскопия и микроскопия высокого разрешения

Тема 3. Инфракрасная спектроскопия.

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

Тема 5. Химические методы определения элементного состава наноматериалов

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

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

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

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

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

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

Тема 5. Получение вольт-амперных характеристик материалов методом СТМ

Тема 6. Исследование приповерхностных свойств (электрических, магнитных) при помощи АСМ.

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

Тема 8. Изучение изменения оптических свойств наноматериалов в зависимости от размера частиц спектральными методами.

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

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

Примерные темы курсовых работ

1. Микроскопия латеральных сил.
2. Пробоподготовка образцов для исследования методом растровой электронной микроскопией.
3. Исследование диэлектрических и биологических объектов методом РЭМ.
4. Определение параметров кристаллической решетки вещества на основе данных рентгенограмм.
5. Определение химического состава вещества на основе данных рентгенограмм.
6. Определение типов дефектов структуры кристаллических тел при помощи дифрактоскопа.
7. Методы определения кинетических параметров полупроводников.
8. Современные методы и средства Оже-микроскопии.
9. Вторичная ионная масс-спектрометрия.
10. Аналитические методы исследования наноматериалов, основанные на применении синхротронного излучения.

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №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.
6. Чем определяется разрешающая способность РЭМ?

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №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.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №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.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Формирование изображения в растровом электронном микроскопе.

2. Формирование изображения в атомно-силовом микроскопе.
3. Оптическая микроскопия при анализе и контроле наноструктурированных материалов.
4. Определение дисперсности по динамическому рассеянию света.
5. Информативность вторичных электронов.
6. Информативность упруго отраженных электронов.
7. Методы анализа распределения наночастиц по размерам
8. Классификация спектрометрии.
9. Принцип и средства метода малоуглового рассеяния.
10. Принцип и средства 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.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) проработку учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе;
- 2) подготовку к практическим и лабораторным занятиям;
- 3) подготовку по всем видам контрольных мероприятий, в том числе к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Аракелян С.М., Кучерик А.О., Прокошев В.Г., Рау В.Г., Сергеев А.Г. Введение в фемтонанофотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов: учебное пособие. М.: Логос.	2017	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048122.html
2. Мишина Е.Д., Шерстюк Н.Э., Евдокимов А.А. и др. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие М.: Лаборатория знаний.	2017	http://www.iprbookshop.ru/88492.html
Дополнительная литература		
1. Филимонова Н.И., Кольцов. Б.Б. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ.	2013	http://www.iprbookshop.ru/45104.html
2. Сергеев А.Г. Нанометрология: монография. — М.: Логос.	2012	http://www.iprbookshop.ru/9122.html
3. Величко А.А., Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ.	2014	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225343.html

6.2. Периодические издания

1. Российские нанотехнологии (научно-технический журнал).
<https://sciencejournals.ru/journal/nano/>
2. Наносистемы: физика, химия, математика (научно-технический журнал).
<http://nanojournal.ifmo.ru>
3. Наноиндустрия (научно-технический журнал).
<https://www.nanoindustry.su/>

6.3. 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

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические/лабораторные работы проводятся в 106-3, 107-3, 105-3.

Перечень используемого оборудования:

- 1) Порошковый дифрактометр D8 ADVANCE.
- 2) Микоанализатор лазерный дифракционный HORIBA LB-550 (наноанализатор размера частиц).
- 3) Зондовая станция Ntegra Spectra.
- 4) Рентгеновский дифрактометр SAXESS.
- 5) Сканирующая зондовая лаборатория Ntegra Aura.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: MS Word, MS Excel, Matlab.

Рабочую программу составил доц. каф. ФиПМ Абрамов Д.В.

(должность, ФИО, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

А.В. Осипов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии

(ФИО, должность, подпись)

С.М. Аракелян

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 12 / 20 12 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.09.2011 года

Заведующий кафедрой _____

С.И. Абрамкин

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____