

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 18 » декабря 20 20 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Методы анализа свойств наноматериалов  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 28.03.03 Наноматериалы  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Конструкционные наноматериалы  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является получение студентами знаний об экспериментальных методах анализа свойств наноматериалов, в том числе рентгеновских дифракционных, получение умений и навыков использования современного оборудования и приборов при проведении исследовательских работ, при разработке новых материалов.

Задачами учебной дисциплины:

- изучение теоретических основ и экспериментальных методов анализа свойств конструкционных наноматериалов;
- формирование навыков выбора методов исследования свойств или контроля качества в соответствии с поставленной задачей; оценивать эффективность различных методов исследований и возможности снижения их трудоемкости.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- методики экспериментального анализа свойств наноматериалов, исследования закономерностей физических процессов, лежащих в основе методов исследований;
- оборудование для анализа свойств наноматериалов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знать классификацию наноматериалов, их особенности и методы получения, основы строения различных типов веществ.	Знает современные представления о размерно-зависимых эффектах, методы получения композиционных материалов, физико-химические характеристики наноструктурированных композиционных материалов	Дифференцированный зачет
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Уметь использовать информацию о материале для оценки структуры и свойств, выбирать метод и средства исследования свойств наноматериала.	Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов различными методами исследования, выбирать методы и средства проведения исследований и разработок;	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеть навыками анализа данных экспериментальных исследований для определения структуры и свойств наноматериалов.	Владеет навыками анализа существующих методик оценки структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов;	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знать основные современные методы изучения наночастиц и наноматериалов, принципы работы приборов для изучения их структуры.	Знает системы вычислительной математики для решения задач в области прикладной механики, методы получения наноструктур и наноматериалов; основные принципы структурного упрочнения материалов;	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Уметь применять информационные и компьютерные технологии для решения задач определения свойств наноматериалов.	Умеет применять информационные и компьютерные технологии сбора в научной и познавательной деятельности, применять физико-математические методы для решения практических задач с помощью систем вычислительной математики;	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками анализа дефектов структуры кристаллических тел, применения систем вычислительной математики для оценки свойств исследуемых наноматериалов.	Владеет навыками создания и использования простейших математических моделей пластической деформации и разрушения; навыками анализа дефектной структуры кристаллических тел, методами теоретических исследований в области физики твердого тела; навыками применения систем вычислительной математики; программными средствами для проведения вычислительных экспериментов.	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы электронографии и нейтронографии. Просвечивающая электронная микроскопия.	4	2	8	14
Особенности рассеяния электронов и нейтронов кристаллами. Получение, расчет и анализ электронограмм. Электронография и её применение, в т.ч. для исследования наноматериалов. Нейтронография и её применение. Оптическая схема и принципы работы просвечивающего электронного микроскопа. Основные характеристики просвечивающего электронного микроскопа (увеличение, разрешение, глубина резкости и пр.) .Основные задачи метода просвечивающей электронной микроскопии. Контраст электронно-микроскопического изображения. Светлопольное и темнопольное изображения Контраст от дефектов решетки. Изучение структуры с помощью высокого разрешения. Применение прямого разрешения для изучения объектов нанотехнологии. Исследование гетерогенных сплавов. Виды контраста в изображении частиц.				
Основы строения вещества и рассеяния рентгеновских лучей.	5	6	10	18
Объекты, относящиеся к микро- и наносистемам и параметры, характеризующие их: наночастицы, частицы вторых фаз, тонкие пленки т.д. Поликристаллы, нано-кристаллы, монокристаллы. Излучения, используемые в диагностике вещества: рентгеновские лучи, электроны, нейтроны. Основные методы исследования наночастиц и наноматериалов. Пространственная решетка. Система трансляций Бравэ. Сингонии. Элементарная ячейка и базис. Кристаллографические индексы направлений и плоскостей. Основные представления кристаллохимии. Атомные радиусы. Плотнупакованные решетки, поры. Понятие структурного типа. Природа рентгеновского излучения. Основной закон поглощения рентгеновских лучей. Обратная решетка. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом малого размера. Условия Лауэ. Уравнение Вульфа-Брегга. Интегральная отражающая способность. Сечение рассеяния рентгеновских лучей электро-на, атома, элементарной ячейки, кристалла. Структурная амплитуда, законы погасания.				
Основные методы рентгеноструктурного анализа и его применение для анализа наночастиц и наноматериалов.	5	10	0	17
Методы и приборы для регистрации рентгенограмм: фотометод и рентгеновская				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
дифрактометрия. Классификация методов рентгенострутунного анализа. Методы исследования монокристаллов. Метод поликристалла. Принципы определения кристаллической структуры по рентгенограмме поликристалла. Прецизионное определение периодов решетки. Фазовый качественный и количественный анализ. Определение типа твердого раствора, построение диаграмм состояния. Оценки совершенства структуры зерен в поликристаллах по уширению дифракционных максимумов. Оценка размеров частиц в наноматериалах.				
Растровая электронная микроскопия (РЭМ), рентгеноспектральный микроанализ (РСМА), оптический микроструктурный анализ.	2	0	0	5
Оптическая схема растрового электронного микроскопа и рентгеновского микроанализатора. Виды изображений в РЭМ. Разрешающая способность РЭМ. Изучение наноструктур и объектов нанотехнологии методом РЭМ. Качественный и количественный анализ химического состава материалов методом РСМА. Точность и чувствительность метода РСМА. Глубина зоны анализа методами РЭМ и РСМА. Оптический микроструктурный анализ. Конфокальный микроскоп - принцип работы и устройство.				
ИТОГО по 7-му семестру	16	18	18	54
ИТОГО по дисциплине	16	18	18	54

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Анализ кристаллографических индексов направлений и плоскостей. Базис. Кристаллографические зоны.
2	Разбор моделей кристаллических структур: выбор эл.ячейки, базиса, системы трансляций Бравэ. Описание структурного типа по кристаллографическим моделям.
3	Изучение приборов для рентгеноструктурного анализа.
4	Изучение конфокального микроскопа.
5	Изучение поверхностей разрушения методом конфокальной микроскопии.

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
--------	---------------------------------------

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Установление вещества по дифрактограмме поликристалла. Рентгеновский дифрактометр.
2	Индексирование дифрактограмм вещества с кубической решеткой.
3	Качественный и количественный фазовый анализ.
4	Анализ несовершенств структуры и определение размера нанокристаллов по уширению дифракционных линий.
5	Приготовление образцов для просвечивающей электронной микроскопии, изучение просвечивающего электронного микроскопа и проведение на нем исследований структуры.
6	Определение размера зерен методом просвечивающей электронной микроскопии.
7	Изучение растрового электронного микроскопа и проведение на нем исследований.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

**6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**6.1. Печатная учебно-методическая литература**

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Анциферова И. В. Наночастицы и наноматериалы с огромным потенциалом и возможными рисками : учебное пособие / И. В. Анциферова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	10
2	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учебник / Я. С. Уманский [и др.]. - Москва: Металлургия, 1982.	43
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Вольхин В. В. Химия металлов и неметаллов. Нанохимия. Наноматериалы : учебное пособие для вузов / В. В. Вольхин, Г. В. Леонтьева. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	70
2	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Москва: Физматлит, 2007.	2
3	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Москва: Физматлит, 2009.	5
4	Мамонова М. В. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. - Москва: Физматлит, 2011.	1
5	Пул (мл.) Ч. Нанотехнологии : учебное пособие для вузов : пер. с англ. / Ч. Пул (мл.), Ф. Оуэнс. - Москва: Техносфера, 2010.	5
6	Цао Гочжун Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение : пер. с англ. / Цао Гочжун, Ин Ван. - Москва: Науч. мир, 2012.	2
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	



## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Вольхин В. В. Химия металлов и неметаллов. Нанохимия. Наноматериалы : учебное пособие для вузов / В. В. Вольхин, Г. В. Леонтьева. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2425">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2425</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Анциферова И. В. Наночастицы и наноматериалы с огромным потенциалом и возможными рисками : учебное пособие / И. В. Анциферова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3350">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3350</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022 )
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Инфракрасная тепловизионная система FLIR SC7700M	1
Лабораторная работа	Сервогидравлическая двухосевая испытательная система Instron 8850	1
Лабораторная работа	Цифровая оптическая система для анализа полей деформаций Vic-3D	1
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------