




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

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
\_\_\_\_\_ А.Л. Каменева  
д.т.н., профессор кафедры ИТМ

« 19 » « мая » 2022г.

**Рабочая программа дисциплины «Методы исследования структуры,  
строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий  
и композитных структур» по программе аспирантуры**

<b>Научная специальность</b>	2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Нанотехнологии и наноматериалы Инновационные технологии машиностроения .....
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр (ы): 3</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра: Зачет: 3 Диф.Зачет: Экзамен:</b>	

Программа дисциплины «Методы исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий и композитных структур» разработана на основании следующих нормативных документов:

### **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий и композитных структур» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – изучение аспирантами сущности корреляционных связей между структурой, строением и составом наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

### **1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Методы исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий и композитных структур» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- основные методы исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур;
- современное оборудование для исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

### **Уметь:**

- рассчитывать и анализировать основные характеристики структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур;
- находить информацию о структуре, строении и составе наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

### **Владеть:**

- навыками работы на отечественном лабораторном оборудовании для определения характеристик поверхностного слоя наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур;

- навыками выбора эффективного оборудования и оснастки для оценки состояния поверхностного слоя наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	зачет

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Структурные методы аттестации наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

(Л – 0, ПР - 10, СР – 25)

Тема 1. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) высокого разрешения и нанотехнологии. Взаимодействие электронов с образцом. Устройство сканирующих электронных микроскопов. Разрешение изображений во вторичных и отраженных электронах. Механизмы контрастирования изображений наночастиц и других систем, полученных во вторичных и отраженных электронах. Применение СЭМ для характеристики наноматериалов.

Тема 2. Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия (СПЭМ) высокого разрешения и нанотехнологии. Принципы практического использования СПЭМ высокого разрешения. Получение изображений методом СПЭМ. Получение изображений кристаллов методом СПЭМ. Дифракция в приборах СПЭМ. Микроанализ в СПЭМ. Исследование наночастиц и нанотрубок. Исследование кристаллических дефектов и межфазной границы. Структура и состав поверхностей. Аморфные материалы. СПЭМ голография. СПЭМ со сверхвысоким разрешением.

Раздел 2. Исследование кристаллографических ориентаций наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

(Л – 0, ПР - 10, СР – 25)

Тема 3. Исследования кристаллографических ориентаций моно или поликристаллических материалов. Дифракция медленных электронов. Дифракция быстрых электронов. Дифракция отраженных электронов. Принцип получения картин EBSD. Линии Кикучи. Исследование текстуры или преимущественных кристаллических ориентаций моно- или поликристаллических материалов. Исследование дефектов. Определение и разделение фаз. Изучение границ зерен. Картирование микродеформаций.

Тема 4. Электронная нанокристаллография. Режимы электронной дифракции и геометрии. Теория электронной дифракции. Экспериментальный анализ. Приложения к определению характеристик нанообъектов. Устройство рентгеновских дифрактометров.

Раздел 3. Исследование состава наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.

(Л – 0, ПР - 12, СР – 19)

Тема 5. Спектральный анализ металлов и сплавов. Основа спектрального анализа. Стационарные и переносные стилоскопы. Основа рентгеноспектрального анализа.

Микроанализаторы. Определение состава фаз сплава и характеристик диффузионной подвижности атомов. Эмиссионный спектральный анализ. Лазерный спектральный микроанализ.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	4	Оборудование для исследования поверхности дифракционными методами	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	5	Качественный и количественный химический анализ поверхности методами РФЭС и ОЭС	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Контроль структуры поверхности наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	3	Выбор и реализация на практике эффективной методики экспериментального исследования кристаллографических ориентаций наноматериалов, наноструктурных пленок и покрытий и композитных структур. Анализ и систематизация результатов исследований, представление материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Творческое задание	Темы творческих заданий

#### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Методы исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий и композитных структур» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается 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, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине**

**6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы**

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	<i>Мишина Е. Д., Шерстюк Н. Э., Евдокимов А. А. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие. 6-е изд. Москва : Лаборатория знаний, 2021. 187 с. URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-166740">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-166740</a> (дата обращения: 02.07.2022).</i>	e-книга
2	<i>Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие для вузов / Мишина Е. Д., Вальднер В. О., Евдокимов А. А., Шерстюк Н.Э. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2013. 184 с.</i>	2 - 2013 2 - 2011 3 - 2010
3	<i>Эволюция представлений о структурных зонах поликристаллических наноструктурированных плёнок, формируемых методами вакуумных технологий : монография / А. Л. Каменева ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 .— 188 с.</i>	6 +ЭБ
4	<i>Справочник по микроскопии для нанотехнологии: книга. пер. с англ. / Лу П. Дж., Бухелье А., Хартчук А., Новотны Л. ; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Научно-образовательный центр по нанотехнологиям. - Москва : Науч. мир, 2011.</i>	2
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	<i>Элионная технология в микро- и nanoиндустрии: Неразрушающие методы контроля процессов осаждения и травления наноразмерных плёночных гетерокомпозиций : учебное пособие / Г. Д. Кузнецов [и др.] ; Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", Кафедра технологии материалов электроники .— Москва : Издат. дом МИСиС, 2012 .— 121 с.</i>	2

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2	Барахтин Б.К. <i>Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения : справочник</i> / Б.К. Барахтин, А.М. Немец ; Под ред. И.П. Калинкина .— СПб : Проффессионал, 2006 .— 487 с .	4
4	Барахтин Б.К. <i>Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения : справочник</i> / Б.К. Барахтин, А.М. Немец ; Под ред. И.П. Калинкина .— СПб : Проффессионал, 2006 .— 487 с .	4
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	<i>Упрочняющие технологии и покрытия = Strengthening Technologies and Coatings : научно-технический и производственный журнал / Издательство "Машиностроение" .— Москва : Машиностроение, 2005- . — В вузах: ПНИПУ 2011-2014. — Издаётся с 2005 года .— Ежемесячное.</i>	
2	Реферативные журналы «Металлургия», «Машиностроение»	
3	«Заводская лаборатория»	
4	«Известия вузов». Серии «Чёрная металлургия», «Цветная металлургия»	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	Не предусмотрены	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Не предусмотрены	

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

<https://www.freepatentsonline.com/8216702.pdf>, <https://www.dissercat.com/>  
<https://escholarship.org/uc/item/85t453d2> <https://e.lanbook.com/> <https://www.fips.ru/elektronnye-servisy/> <https://findpatent.ru/>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

elibrary, Scopus, Web of science.

## 7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть).....	18	Оперативное управление	212б АДФ
2	Электронный проектор “NEC M300X”	1	Оперативное управление	212б АДФ
3	Система универсальная электромеханическая Instron 5882	1	Оперативное управление	лаборатории ЦЭМ - 100, 101а, 101б, 103, 104, к.Д
4	Электромеханический ударный измерительный стенд-копер для проведения динамических испытаний на удар CEAST 9350	1	Оперативное управление	
5	Специализированная сервоэлектрическая испытательная машина для проведения испытаний на термомеханическую	1	Оперативное управление	
6	Цифровая система для видео анализа и измерения деформации Vic-3D (Correlated solutions)	1	Оперативное управление	

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

#### Текущий контроль

Текущий контроль проводится в виде собеседования или (и) дискуссии с научным руководителем.

#### Промежуточная аттестация

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного выступления с научным докладом на семинаре. Аспирант должен представить не менее одного научного доклада и не менее двух кратких выступлений (выступление на заданную тему, рецензирование, оппонирование, изложение точки зрения).

## 8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Методы исследования структуры, строения и состава наноматериалов, наноструктурных пленок, покрытий и композитных структур» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Проявил частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

## 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

## 10. Типовые вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки освоения дисциплины

### 10.1 Типовые творческие задания:

1. Изучение структуры и строения наноматериалов.
2. Изучение структуры и строения и наноструктурных пленок.
3. Изучение структуры и строения наноструктурных покрытий.
4. Изучение структуры и строения наноструктурных композитных структур.
5. Изучение состава наноматериалов.
6. Изучение состава наноструктурных пленок и покрытий.
7. Изучение состава наноструктурных композитных структур.

.....



**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		