

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

**Авторы-составители: Семенова Оксана Рифовна
Волынцев Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Код УМК 95393

Утверждено
Протокол №9
от «13» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Рентгенографические методы исследования наноматериалов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Рентгенографические методы исследования наноматериалов** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ПК.1 Способен исследовать и контролировать структуру вещества на атомно-молекулярном уровне с помощью различных инструментальных методов

Индикаторы

ПК.1.2 Применяет современные инструментальные методы исследования и контроля строения реальных твердых тел на атомно-молекулярном уровне

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Рентгенографические методы исследования наноматериалов

Особенности структуры наноматериалов

Введение. Определение нанокристалла. Классификация наноструктур. Объекты для рентгеноструктурного анализа: аморфные материалы, кристаллы, квазикристаллы, модулированные кристаллы, паракристаллы, низкоразмерные системы, нанокристаллы.

Методы рентгеноструктурного анализа наноматериалов

Основные положения рентгеноструктурного анализа. Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей изотропными кристаллами. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей. Анализ интегральной ширины дифракционного максимума. Анализ формы профиля дифракционного максимума. Анализ интегральных интенсивностей дифракционных максимумов. Метод Ритвельда. Анализ функции радиального распределения атомов.

Моделирование дифракционных картин материалов в наноструктурном состоянии

Влияние размера частиц на ширину дифракционного максимума. Влияние микродеформаций кристаллической решетки на ширину дифракционного максимума. Влияние случайно распределенных дефектов упаковки на дифракционные картины металлов с ГЦК и г.п.у. решетками. Дифракционные картины от паракристаллов. Дифракция на решетке графитоподобных материалов.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Семенова О. Р. Дополнительные главы дифракционного структурного анализа. учебное пособие Ч. 2/О. Р. Семенова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет, Министерство образования и науки Российской Федерации. -Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1711-1. -169. -Библиогр.: с. 163-164
2. Семенова О. Р. Дополнительные главы дифракционного структурного анализа. учебное пособие для студентов физического факультета, обучающихся по специальности "Физика конденсированного состояния вещества" Ч. 1/О. Р. Семенова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермский государственный университет. -Пермь, 2010, ISBN 978-5-7944-1490-5. -185. -Библиогр.: с. 179
3. Семенова О. Р. Рентгенографическое исследование тонкой структуры твердых тел: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Нанотехнологии и микросистемная техника"/О. Р. Семенова. -Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2018, ISBN 978-5-7944-3093-6. -1. -Библиогр.: с. 93
<https://elis.psu.ru/node/508261>

Дополнительная:

1. Иверонова В. И., Ревкевич Г. П. Теория рассеяния рентгеновских лучей: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов/В. И. Иверонова, Г. П. Ревкевич. -Москва: Издательство Московского университета, 1978. -277.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/47135.html> Современные методы структурного анализа веществ

<http://www.iprbookshop.ru/20072.html> Дифракционный анализ

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Рентгенографические методы исследования наноматериалов** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС) ;
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Операционная система "ALT Linux".
2. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
3. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель)«WindowsMediaPlayer».
4. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome» или аналогичных.
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской.

Практические занятия проходят в Лаборатории рентгеноструктурного анализа, оснащенной специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

Текущий контроль осуществляется в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

Групповые (индивидуальные) консультации проводятся в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

К помещениям для самостоятельной работы студентов относятся:

- Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

• Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Рентгенографические методы исследования наноматериалов**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способен исследовать и контролировать структуру вещества на атомно-молекулярном уровне с помощью различных инструментальных методов

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.2 Применяет современные инструментальные методы исследования и контроля строения реальных твердых тел на атомно-молекулярном уровне</p>	<p>Знать теоретические основы методов дифракционного структурного анализа для определения размерных соотношений в нанокристаллических структурах. Уметь получать дифракционные картины от нанокристаллических материалов. Владеть методами расчета дифракционных картин для определения размера наноструктур.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Студент не знает теоретических основ методов дифракционного структурного анализа для определения размерных соотношений в нанокристаллических структурах. Не способен подобрать условия эксперимента для получения дифракционных картин от нанокристаллических материалов. Не владеет методами расчета дифракционных картин для определения размера наноструктур.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Студент знает теоретические основы методов дифракционного структурного анализа для определения размерных соотношений в нанокристаллических структурах, но не способен подобрать условия эксперимента для получения дифракционных картин от нанокристаллических материалов. Производит расчет дифракционных картин для определения размера наноструктур с помощью преподавателя.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Студент знает теоретические основы методов дифракционного структурного анализа для определения размерных соотношений в нанокристаллических структурах. Способен подобрать условия эксперимента для получения дифракционных картин от нанокристаллических материалов с помощью преподавателя. Владеет некоторыми методами расчета дифракционных картин для определения</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>размера наноструктур.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Студент знает теоретические основы методов дифракционного структурного анализа для определения размерных соотношений в нанокристаллических структурах. Способен самостоятельно подобрать условия эксперимента для получения дифракционных картин от нанокристаллических материалов. Владеет методами расчета дифракционных картин для определения размера наноструктур.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1.2 Применяет современные инструментальные методы исследования и контроля строения реальных твердых тел на атомно-молекулярном уровне	Особенности структуры наноматериалов Письменное контрольное мероприятие	Понятие нанокристалла и наноматериалов. Знание о классификации наноструктур. Знание об особенностях получения дифракционных картин от твердых тел с различной структурой.
ПК.1.2 Применяет современные инструментальные методы исследования и контроля строения реальных твердых тел на атомно-молекулярном уровне	Методы рентгеноструктурного анализа наноматериалов Письменное контрольное мероприятие	Знание об основных уравнениях рентгеноструктурного анализа. Знание о выводе формулы для расчета интенсивности рассеяния рентгеновских лучей кристаллом. Знание о методе малоуглового рассеяния рентгеновских лучей. Знания о методах анализа ширины и формы дифракционного максимума. Знание о функции радиального распределения атомов в твердых телах.
ПК.1.2 Применяет современные инструментальные методы исследования и контроля строения реальных твердых тел на атомно-молекулярном уровне	Моделирование дифракционных картин материалов в наноструктурном состоянии Письменное контрольное мероприятие	Знание о влиянии размера частиц кристалла на ширину дифракционного максимума. Знание о влиянии микродеформаций в кристалле на ширину дифракционного максимума. Знание о влиянии дефектов упаковки в ГЦК и г.п.у. кристаллах на ширину дифракционного максимума. Знание об анализе дифракционных картин от графитоподобных материалов.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Особенности структуры наноматериалов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Особенности дифракционных картин от твердых тел с различной структурой.	13
Классификации наноструктур.	10
Понятие нанокристалла и наноматериалов.	7

Методы рентгеноструктурного анализа наноматериалов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Функция радиального распределения атомов в твердых телах.	10
Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей.	10
Методы анализа ширины и формы дифракционного максимума.	10
Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей кристаллом.	7
Основные уравнения рентгеноструктурного анализа.	3

Моделирование дифракционных картин материалов в наноструктурном состоянии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Влияние дефектов упаковки в ГЦК и г.п.у. кристаллах на на ширину дифракционного максимума.	10
Анализ дифракционных картин от графитоподобных материалов.	7
Влияние микродеформаций в кристалле на ширину дифракционного максимума.	7
Влияние размера частиц кристалла на ширину дифракционного максимума.	6