



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Рентгеноструктурный анализ наносистем

Кафедра Физики конденсированного состояния и наносистем физического факультета

Образовательная программа магистратуры
03.04.02 – Физика

Направление (профиль) программы:
Физика наносистем

Форма обучения:
Очная

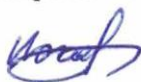
Статус дисциплины:
Дисциплина по выбору

Махачкала, 2022 год

Рабочая программа дисциплины «Рентгеноструктурный анализ наносистем» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 – «Физика» от «07» августа 2020 г. № 914.

Разработчик: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,

Исхаков М.Э., к.ф.-м.н., доцент.



Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «19» марта 2022г., протокол №7.

/ Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол №7.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«31» марта 2022г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Рентгеноструктурный анализ наносистем» входит в вариативную часть ОПОП *магистратуры* по направлению 03.04.02– Физика, профиль подготовки: «Физика наносистем».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с применением рентгеновского излучения для исследования структуры вещества, в частности, наносистем.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных – УК-6; общепрофессиональных ОПК-1, ОПК, -3 ОПК-4; профессиональных – ПК-3, ПК-5, ПК-6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: экспресс-опрос перед лекцией, опрос на практических занятиях и промежуточный контроль в форме: зачёта.

Объем дисциплины **3** зачетных единиц, в том числе в академических часах **108** по видам учебных занятий:

Объем дисциплины в очной форме

Се- мес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма про- межуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем					консуль- тации		
Все- го	из них						КСП	экза- мен
	Лек- ции	Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия					
9	108	16		14			78	зачёт

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Рентгеноструктурный анализ наносистем» являются: формирование у студентов системы знаний по физике наносистем, общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика (профиль подготовки: Физика наносистем).

Основной целью данного курса является получение магистрантами знаний:

- о теоретических основах физики взаимодействия рентгеновского излучения с аморфными, кристаллическими и поликристаллическими материалами;

- о физических основах рентгеновских методов исследования, таких как рефлектометрия, рефрактометрия, дифрактометрия, малоугловое рассеяние рентгеновских лучей;

- о методах и методиках исследования различных характеристик материалов и физических свойств твердых тел. Направления применения рентгеновских методов исследования в области физики и технологии твердотельных микро- и наноструктур.

Основной задачей преподавания дисциплины «Рентгеноструктурный анализ наносистем» является формирование у студента знаний в области рентгеновских методов исследования и приобретение навыков практической работы.

В конечном итоге, дисциплина будет способствовать подготовке профессиональных и конкурентоспособных специалистов в области физики и технологии наносистем, способных работать на инженерно-технических должностях в научно-исследовательских лабораториях НИИ, вузов, предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Рентгеноструктурный анализ наносистем» входит в блок Б1.В. ДВ.01.01 ОПОП магистратуры по направлению 03.04.02– «Физика», профиля подготовки «Физика наносистем».

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные с способностью использовать теоретические знания в области квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, физики твёрдого тела для решения конкретных практических задач по изучению твердых тел в микро- и нано- состояниях.

Магистранты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания по основам кристаллографии, о природе различных видов излучений и их взаимодействия с веществом.

Данная дисциплина является одной из основных при разработке различных нано технологий

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания.	<p>Знает: Как оценивать свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания</p> <p>Умеет: Оценивать свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания</p> <p>Владеет: Методами оценки своих ресурсов и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания</p>	Устный или письменный опрос
	УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.	<p>Знает: Как определять приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям</p> <p>Умеет:</p>	

		<p>Определят приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям</p> <p>Владеет: Методами определения приоритетов профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям</p>	
	<p>УК-6.3. Выбирает и реализует, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p>	<p>Знает: Как выбирать и реализовать, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>Умеет: Выбирать и реализовать, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>Владеет: Методами выбора и реализации, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p>	<p>Устный или письменный опрос</p>

	<p>УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p>Знает: Как выстраивать гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p> <p>Умеет: Выстраивать гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p> <p>Владеет: Навыками выстраивания гибкой профессиональной траектории, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития</p>	
<p>ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Владеет фундаментальными знаниями в области физики</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники; - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности; - выявлять естественно-научную сущность проблем, 	

		<p>возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем. - основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности. 	
	<p>ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач.</p>	<p>Знает - фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности. 	
	<p>ОПК-1.3. Применяет специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности; - выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и 	

		<p>количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальными технологиями и методами для реализации преподавательской деятельности. 	
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методами поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте. 	<p>Устный или письменный прос</p>
	<p>ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности..</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения 	

		<p>исследований и решения профессиональных задач.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач. 	
	<p>ОПК-3.3. Разрабатывает эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач; - эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разрабатывать специализированные программные средства и методы математического моделирования для проведения исследований и решения инженерных задач. 	
<p>ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.</p>	<p>ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о необходимости прогноза результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. 	<p>Устный или письменный опрос</p>

		<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; 	
	<p>ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - варианты необходимых результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбором возможных вариантов внедрения 	
	<p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - области, где могут быть использованы результаты научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять способы внедрения результатов научных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами прогноза результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; 	
<p>ПК-3. Способен участвовать в разработке основных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты в том числе при углубленном изучении</p>	<p>ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> содержание учебно-проектной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> Способностями и знаниями в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся 	<p>Устный или письменный опрос</p>

учебных дисциплин.	<p>ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области.</p>	<p>Знает: Демонстрирует знания и способности организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области. Умеет: совместно формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности; Владеет: Навыками организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся;</p>	
	<p>ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p>	<p>Знает: Как разрабатывается план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся. Умеет: Разрабатывать план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся. Владеет: Способами планирования и осуществления руководства действиями в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.</p>	
<p>ПК-5. Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.</p>	<p>ПК-5.1. Способен самостоятельно анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p>	<p>Знает: Методы исследований и обработки и анализа результатов испытаний и измерений, а также критерии выбора методов и методик исследований свойства исследуемых объектов Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; обобщать результаты патентного поиска; формировать предложения по внедрению результатов; участвовать в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня.</p>	Устный или письменный опрос

		<p>Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; методом обобщения результаты выполняемых работ; выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	
	<p>ПК-5.2. Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.</p>	<p>Знает: Теоретические модели, позволяющие прогнозировать и как разрабатывать предложения по внедрению результатов.</p> <p>Умеет: Прогнозировать свойства исследуемых объектов и разрабатывать предложения по внедрению результатов.</p> <p>Владеет: Способностями разрабатывать предложения по внедрению результатов апробации теоретических моделей.</p>	
	<p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.</p>	<p>Знает: Свойства исследуемых объектов в целях формирования теоретических моделей как осуществлять сбор научной информации, представлять обзоры, аннотации, составлять рефераты.</p> <p>Умеет: Осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии.</p> <p>Владеет: Владеет способностями осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии</p>	
	<p>ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	<p>Знает: Процедуры защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p> <p>Умеет: Дискутировать по соответствующему предмету и Участвует в научных семинарах</p> <p>Владеет: Способностями выступать с</p>	

		докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.	
<p>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состояния.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: Как проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; Умеет: Проводить, обработку и анализ результатов испытаний и измерений. Владеет: Навыками проведения физических исследований с помощью современного оборудования</p>	Устный или письменный опрос
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>	<p>Знает: Теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния. Умеет: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений. Владеет: Навыками проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы.</p>	
	<p>ПК-6.3. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов</p>	<p>Знает: Критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов Умеет: Проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов а так же правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оценки и обработки результатов исследования; навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исхо-</p>	

		для из имеющихся материальных и временных ресурсов.	
--	--	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		Самостоятельная работа в т.ч. экзамен	
Модуль 1 Классификация твердых тел								
1	Кристаллическое и аморфное состояние твёрдых тел.	2	4	4			14	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
2	Рентгеновское излучение.	2	2	2			10	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю1:36 часов	2	6	6			24	
Модуль 2. Рентгеновские исследования								
3	Определение размера частиц порошка по рентгendifракционным данным.	2	4	4			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
4	Рентгеновская рефлектометрия, рентгеновская рефрактометрия	2	2	2			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю2:36 часов	2	6	6			24	
Модуль 3. Метод малоуглового рентгеновского рассеяния								
5	Малоугловое рентгеновское рассеяние	9	4	2			30	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю3: 36 часов	2	4	2			30	
ИТОГО: 108 часов			16	14			78	зачёт

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1.

Тема 1. Кристаллическое и аморфное состояние твёрдых тел.

Аморфное состояние. Поликристалл, текстура, монокристалл. Типы пространственных и кристаллических решёток. Кристаллографические символы.

Тема 2. Рентгеновское излучение.

Природа рентгеновского излучения. Принципы работы рентгеновских аппаратов. Устройство рентгеновских трубок. Рентгеновские спектры, природа тормозного и характеристического спектра.

Модуль 2.

Тема 3. Определение размера частиц порошка по рентгенодифракционным данным.

Дифракция рентгеновских лучей атомным рядом из атомов одного и двух сортов. Дифракция трехмерной атомной решеткой. Условия Лауэ. Дифракция как отражение. Уравнение Брэгга. Влияние размера частиц порошка на ширину дифракционной линии.

Тема 4. Рентгеновская рефлектометрия, рентгеновская рефрактометрия.

Определение количества и толщины слоев тонкопленочных многослойных наноструктур методом рентгеновской рефлектометрии.

Определение плотности слоев нанометровой толщины методом рентгеновской рефрактометрии

Модуль 3.

Тема 5. Малоугловое рентгеновское рассеяние.

Объекты исследования метода малоуглового рентгеновского рассеяния. Физические основы метода.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Модуль 1.

Тема 1. Кристаллическое и аморфное состояние твёрдых тел.

Аморфное состояние. Поликристалл, текстура, монокристалл. Типы пространственных и кристаллических решёток. Кристаллографические символы.

Тема 2. Рентгеновское излучение.

Природа рентгеновского излучения. Принципы работы рентгеновских аппаратов. Устройство рентгеновских трубок. Рентгеновские спектры, природа тормозного и характеристического спектра.

Модуль 2.

Тема 3. Определение размера частиц порошка по рентгенодифракционным данным.

Дифракция рентгеновских лучей атомным рядом из атомов одного и двух сортов. Дифракция трехмерной атомной решеткой. Условия Лауэ. Дифракция как отражение. Уравнение Брэгга. Влияние размера частиц порошка на ширину дифракционной линии.

Тема 4. Рентгеновская рефлектометрия, рентгеновская рефрактометрия.

Определение количества и толщины слоев тонкопленочных многослойных наноструктур методом рентгеновской рефлектометрии.

Определение плотности слоев нанометровой толщины методом рентгеновской рефрактометрии

Модуль 3.

Тема 5. Малоугловое рентгеновское рассеяние.

Объекты исследования метода малоуглового рентгеновского рассеяния. Физические основы метода.

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Рентгеноструктурный анализ наносистем» применяются следующие образовательные технологии: развивающее обучение, проблемное обучение, коллективная система обучения. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Лекции сопровождаются представлением материалов в виде презентаций с использованием анимации, выход на сайты, где представлены соответствующие иллюстрации и демонстрации для излагаемого материала.

При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Для подготовки к практическим (семинарским) занятиям разработаны учебно-методические пособия. При проведении занятий используется аудитория, оснащенная современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется проекционное оборудование и интерактивная доска.

Лекции и практические занятия проводятся с применением слайдов (презентаций) в программе Power Point, а также с использованием интерактивной доски, большая часть теоретического материала представлен в электронной форме и на бумажном носителе. На семинарских занятиях обсуждаются вопросы рассмотренные студентами самостоятельно в рамках внеаудиторной работы. Уделяется внимание формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- повторение пройденного материала;
- подготовка к лабораторно-практическим работам;
- оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;

Итоговый контроль. - зачёт в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.		
	Очная	Очно-заочная	заочная
Текущая СРС			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	20		
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	2		

самостоятельное изучение разделов дисциплины	10		
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	14		
подготовка к экзамену (экзаменам)			
другие виды СРС (указать конкретно)			
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
выполнение расчётно-графических работ	12		
Итого СРС:	78		

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания.

Примерные контрольные вопросы

1. В результате чего возникает рентгеновское излучение?
2. Каких видов бывает рентгеновское излучение?
3. В результате чего возникает характеристическое рентгеновское излучение?
4. Какими переходами электронов обусловлено характеристическое рентгеновское излучение?
5. Какие процессы приводят к возникновению тормозного рентгеновского излучения?
6. Что является источником тормозного рентгеновского излучения?
7. Какие два типа рассеяния испытывают рентгеновские лучи?
8. Что такое когерентное рассеяние?
9. Что такое некогерентное рассеяние?
10. Какие существуют методы исследования вещества?
11. Что такое дифракционные методы исследования веществ?
12. Что лежит в основе дифракционных методов?
13. Что такое рентгеновский спектр?
14. С каких электронных уровней атома происходит эмиссии электронов?
15. На чем основана рентгеновская дифрактометрия?
16. Согласно какому закону происходит возникновение дифракции?
17. Какие методы исследования основаны на явлении дифракции рентгеновских лучей?
18. Какое уравнение является одним из основных уравнений рентгеноструктурного анализа?
19. Что лежит в основе метода рентгеновской рефлектометрии?
20. Как определяется плотность поверхностного слоя методом рентгеновской рефлектометрии?
21. Как определяется состав преломляющего слоя методом рентгеновской рефлектометрии?
22. Как определяется толщина пленок методом рентгеновской рефлектометрии?
23. Каким образом определяется интенсивность линий по рентгенограммам?
24. Что такое интегральная интенсивность, и какие составляющие в нее входят?
25. От каких факторов прямо зависит интенсивность линий на рентгенограммах?
26. Что такое рентгенограмма?

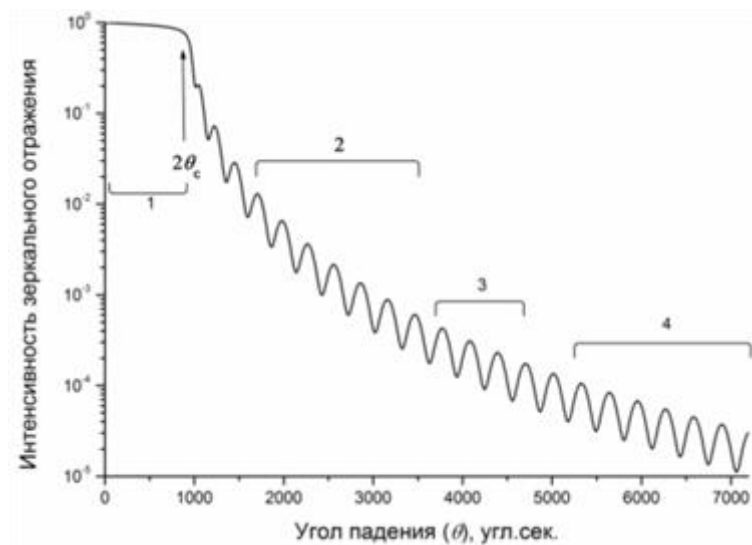
27. Чем характеризуется рентгенограмма?
28. Какими способами определяют положение дифракционного пика?
29. Какой из способов определения положения дифракционного пика является более точным?
30. Как определить положение максимума дифракционного пика?
31. Как определить положение центра тяжести линии?
32. Каким способом определяется интенсивность рефлекса?
33. Как определить ширину дифракционного пика?
34. Какие основные этапы включает расшифровка рентгенограмм?
35. Из каких этапов состоит первичная обработка рентгенограмм?
36. Что представляет собой картотека JCPDS?
37. Что такое индицирование рентгенограммы?
38. Какие существуют способы индицирования рентгенограмм?
39. Какие параметры необходимо определить для выявления фазового состава и параметров кристаллической структуры?
40. Какие структурные особенности образца вызывают уширение дифракционного максимума на рентгенограмме?
41. Запишите закон ослабления рентгеновских лучей при прохождении их через вещество?
42. В чем состоит метод определения толщины покрытия по ослаблению рентгеновских лучей?

Примерные тесты для текущего и промежуточного контроля:

1. Кем был обнаружен эффект полного внешнего отражения

- У. Брэггом
- А. Комптоном
- М. Лауэ
- В. Ренгеном

2. Какая из областей, выделенных на рисунке, представленном ниже, соответствует области ПВО



- 2

- 1
- 3
- 4

3. Как записывается закон Снеллиуса

- $n_1\theta_1 = n_2\theta_2$
- $n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2$
- $n_1 = n_2\cos\theta_1$
- $n_1\sin\theta_2 = n_2\sin\theta_1$

4. Какое из неравенств выполняется для жесткого рентгеновского излучения

- $\sigma = \beta \ll 1$
- $\sigma < \beta \ll 1$
- $\sigma > \beta \gg 1$
- $\beta < \sigma \ll 1$

5. Как записывается комплексный показатель преломления n

- $n = 1 - \sigma - i\beta$
- $n = \sigma + i\beta$
- $n = \sigma - i\beta$
- $n = 1 - \sigma - \beta$

6. Как записывается условие дифракции Брэгга-Вульфа

- $2\sin\theta = n\lambda, n = \pm 1, \pm 2, \dots$
- $2d\sin\theta = n\lambda, n \in R$
- $2d\sin\theta = n\lambda, n = \pm 1, \pm 2, \dots$
- $2d\sin\theta = n\theta, n = \pm 1, \pm 2, \dots$

7. В методе рентгеновской рефлектометрии сканирование производят

- сканирование не производят
- двигая образец вверх-вниз
- в области дальних дифракционных углов
- в области малых дифракционных углов

8. Данные рефлектограммы представляет собой зависимость от угла падения

- показателя преломления
- длины волны рентгеновского излучения

- коэффициента зеркального отражения
- диэлектрической проницаемости

9. Максимальная толщина слоя, которую можно прецизионно измерить при помощи рефлектометрии, примерно составляет

- 0,1 мм
- 1 нм
- 0,1 мкм
- 1 см

10. Как определяется критический угол

- $\theta_c = \sqrt{2n}$
- $\theta_c = \sqrt{2\sigma}$
- $\theta_c = \sqrt{2\beta}$
- $\theta_c = 2\sigma$

11. Для излучения $\text{CuK}\alpha$ $\sigma(\text{Si}) = 3,25 \cdot 10^{-6}$, $\beta(\text{Si}) = 7,4 \cdot 10^{-8}$. Чему равен комплексный показатель преломления кремния n

- $7,4 \cdot 10^{-8} - 3,25 \cdot 10^{-6}i$
- $3,25 \cdot 10^{-6} - 7,4 \cdot 10^{-8}i$
- $1 - 7,4 \cdot 10^{-8} - 3,25 \cdot 10^{-6}i$
- $1 - 3,25 \cdot 10^{-6} - 7,4 \cdot 10^{-8}i$

12. Для излучения $\text{CuK}\alpha$ $\sigma(\text{Ni}) = 2,72 \cdot 10^{-6}$, $\beta(\text{Ni}) = 5,72 \cdot 10^{-8}$. Чему равен комплексный показатель преломления никеля n

- $1 - 5,72 \cdot 10^{-8} - 2,72 \cdot 10^{-6}i$
- $2,72 \cdot 10^{-6} - 5,72 \cdot 10^{-8}i$
- $1 - 2,72 \cdot 10^{-6} - 5,72 \cdot 10^{-8}i$
- $2,72 \cdot 10^{-6} + 5,72 \cdot 10^{-8}i$

13. Период осцилляций на рефлектограмме определяется

- шероховатостью границы раздела
- толщиной пленки
- строением подложки
- плотностью пленки

14. Критический угол полного внешнего отражения определяется

- толщиной пленки

- строением подложки
- плотностью пленки
- шероховатостью границы раздела

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

1. Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 5 баллов,
- активное участие на лекциях – 5 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 30 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 10 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий – 5 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 5 баллов,
- выполнение домашних работ – 10 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 10 баллов,
- выполнение контрольных работ – 20 баллов.

2. Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

- а) адрес сайта курса:

<http://phys.dgu.ru/>

- б) основная литература:

1. Волков В. В., Исследование структуры наносистем методом малоуглового рентгеновского и нейтронного рассеяния / В. В. Волков // http://nano.msu.ru/files/materials/VII_2009/expmethods/lecture10.pdf
2. Чупрунов, Е. В. Рентгеновские методы исследования твердых тел. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации. «Физико-химические основы нанотехнологий» / Е. В. Чупрунов, М. А. Фаддеев, Е. В. Алексеев // ННГУ. Нижний Новгород, 2007. С . 194.
3. Кузьмичева, Г. М. Рентгенография наноразмерных объектов. Часть 1 [Текст]: учебное пособие / Г. М. Кузьмичева. – М.: МИТХТ им. Ломоносова, 2010. – 81 с.
4. Хабас, Т. А. Рентгенофазовый анализ / Т. А. Хабас, Т. В. Вакалова, А. А. Громов, Е. А. Кулинич. – Томск: ТПУ, 2007.– 40 с.

5. С Горелик, С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ [Текст]: учебное пособие / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. – М.: МИСИС, 2002 – 360 с.
6. Иванов, А. Н. Дифракционные методы исследования материалов [Текст]: спецкурс для специальности «физика металлов» / А.Н. Иванов. – М.: Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов», 2008г. – 99с.

в) дополнительная литература:

1. Свергун Д. И., Фейгин Л. А. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние / Д. И.Свергун, Л. А. Фейгин -М.: Наука, 1986. – 279 с. 1976. – 171 с.
2. Миркин, Л. И. Рентгеноструктурный анализ: Справочное руководство. – М.: Наука, 1976. – 863 с.
3. Шаскольская, Марианна Петровна. Кристаллография : [учебник для втузов] / Шаскольская, Марианна Петровна. - М. : Высш. шк., 1984, 1976. - : ил. ; 22 см. - Список лит.: с. 384. - Предм. указ.: с. 396-389. - 1-52.
4. Горелик С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ / С. С. Горелик, Л. Н. Расторгуев, Ю. А. Скаков // М.: Металлургия, 1970.
5. Дзидзигури Э. Л. Ультрадисперсные среды: методы рентгеновской дифрактометрии для исследования наноматериалов: учебное пособие. – М.: МИСиС, 2007. – 60 с. 480 с.
6. Рентгенодифракционные методы исследования кристаллов : учебно- метод. пособие / [М.Х.Рабданов, Н.Г.Гасанов, Р.М.Эмиров] Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2014. - 69-00.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Портал: <http://www.nano.ncstu.ru/>.
2. <http://ibooks.ru> (Электронно-библиотечная система (ЭБС) iBooks.Ru.Учебники и учебные пособия для университетов)
3. <http://www.iprbookshop.ru>(Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks Учебники и учебные пособия для университетов)
4. <http://www.biblioclub.ru>(Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн)

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
 - наглядные пособия;
 - тезисы лекций,
 - раздаточный материал по тематике лекций.
- Самостоятельная работа студентов:**
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
 - поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
 - работа с тестами и вопросами для самопроверки;
 - моделирование кинетических процессов в плазме объемного разряда;

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Программное обеспечение для лекций: MS Power Point (MS Power Point Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS Power Point (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

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

1. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием

2. Учебная лаборатория по рентгеновским методам исследования кристаллов и компьютерный класс с выходом в интернет.