



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Профиль подготовки:
Физика наносистем

Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения:
Очная

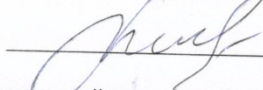
Статус дисциплины:
по выбору

Махачкала, 2017 год

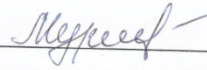
Рабочая программа дисциплины «Рентгеноструктурный анализ наносистем» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС+ ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика (уровень: магистратура), профиль подготовки: **Физика наносистем.**

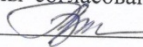
Разработчик(и): кафедра физики конденсированного состояния и наносистем, Гасанов Н.Г., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физика конденсированного состояния и наносистем от «25» марта 2017г., протокол №7.

Зав. кафедрой  Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017г, протокол №7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «03.04» 2017г.  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Рентгеноструктурный анализ наносистем» входит в вариативную часть Блока 1, дисциплины по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – Физика, профиль - «Физика наноструктур».

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: *общепрофессиональных*: ОПК–6; *профессиональных*: ПК–2, ПК–3, ПК–4.

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.

Объём дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах лекции -8, практических занятий-10ч.

| Се- мест р | Учебные занятия | | | | | | Форма промежу- точной аттеста- ции (зачет, диф- ференцированный зачет, экзамен |
|------------------|--|--------------------------------|------------------------------|-----|-------------------|---------------------------------|--|
| | в том числе | | | | | | |
| | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | СРС, в том числе зачет | |
| | Все- го | из них | | | | | |
| Лекции | | Лаборатор- ные заня- тия | Практи- ческие занятия | КСР | консуль- тации | | |
| IX | 36 | 8 | | 10 | | 52 | зачёт |

1. Цели освоения дисциплины

Курс лекций «Рентгеноструктурный анализ наносистем» является дисциплиной по выбору вариативной части Блока 1, читаемых для магистрантов по направлению 03.04.02 - Физика на кафедре физики конденсированного состояния и наносистем Даггосуниверситета в 1 семестре магистратуры.

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 студентами навыков практической работы.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Рентгеноструктурный анализ наносистем» входит как курс по выбору Блока 1 образовательной программы (ФГОС ВО) магистратуры по направлению 03.04.02– Физика.

Дисциплина «Рентгеноструктурный анализ наносистем» относится к дисциплинам профессионального цикла ООП магистратуры по магистерской программе «Физика наноструктур». 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 нанотехнологий.

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

| Компетенции | Формулировка компетенции из ФГОС ВО | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) |
|-------------|--|--|
| ОПК – 6 | Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные достижения в разработке аппаратуры и методик рентгенодифракционных исследований веществ; • возможности рентгенографических методов для исследования наносистем; • возможности современных программных средств при рентгеноструктурных исследованиях. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области дифракционных методов исследования материалов; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по изучению структуры материалов; • проводить научные исследования с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • практическими навыками работы на исследовательском рентгеновском оборудовании; • представлением об основных принципах работы исследовательского рентгеновского оборудования; |
| ПК-2 | способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и при- | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундамен- |

| | | |
|------|--|--|
| | <p>менять результаты научных исследований в инновационной деятельности</p> | <p>тальных разделов общей и теоретической физики;</p> <ul style="list-style-type: none"> • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области структурного анализа материалов; • физические основы методов анализа; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области взаимодействия излучения с веществом; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по анализу веществ; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями при расшифровке структур материалов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области структурного анализа материалов; • техническими и физическими основами проведения: качественного фазового анализа; определения размера частиц порошка по рентгendifракционным данным; • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. |
| ПК-3 | <p>Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно – технологической деятельности.</p> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • принцип работы и конструкции различных источников и приёмников рентгеновского излучения; • теоретические основы работы различных рентгеновских камер и дифрактометров. • что востребовано практикой на текущий момент и как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта • максимально эффективно использовать возможности имеющегося рентгеновского оборудования • генерировать идеи по разработке оборуд- |

| | | |
|------|--|--|
| | | <p>дования и программного обеспечения для рентгеновского анализа.</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • техникой экспериментальных исследований структуры материалов, • определения количества и толщины слоев тонкопленочных многослойных наноструктур методом рентгеновской рефлектометрии • владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем |
| ПК-4 | способность планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине; • критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по изучению структуры и других параметров твёрдых тел; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области анализа структуры, размеров микро и нано частиц материалов; • анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками проведения рентгеновских исследований монокристаллических, поликристаллических и аморфных материалов; • навыками проведения научных исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. • Методами организации физических исследований, семинаров и конференций. |

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 18 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п | Разделы и темы дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-----------|--|---------|-----------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Контроль самост. раб. | | |
| Модуль 1. | | | | | | | | | |
| 1 | Кристаллическое и аморфное состояние твёрдых тел. | IX | 1 | 2 | 2 | | | 4 | Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях |
| 2 | Рентгеновское излучение. | IX | 2 | 2 | 2 | | | 4 | Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях |
| 3 | Определение размера частиц порошка по рентгendifракционным данным. | IX | 1 | 2 | 2 | | | 4 | Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях |
| 4 | Рентгеновская рефлектометрия, рентгеновская рефрактометрия | IX | 2 | 2 | 2 | | | 4 | Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях |
| 5 | Малоугловое рентгеновское рассеяние | IX | 1 | | 2 | | | 2 | Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях |
| 6 | | | | | | | | | зачёт |
| | <i>Итого по модулю</i> | | | 8 | 10 | | | 18 | |
| | ИТОГО: | | | 8 | 10 | | | 18 | |

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

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.

Тема 3. Определение размера частиц порошка по рентгendifракционным 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

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 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.

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.

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

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

| Компетенция | Знания, умения, навыки | Процедура освоения |
|-------------|--|-----------------------------------|
| ОПК-6 | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные достижения в разработке аппаратуры и методик рентгенодифракционных исследований веществ; • возможности рентгенографических методов для исследования наносистем; • возможности современных программных средств при рентгеноструктурных исследованиях. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области дифракционных методов исследования материалов; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; | Устный опрос, письменный опрос |

| | | |
|------|--|--------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по изучению структуры материалов; • проводить научные исследования с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • практическими навыками работы на исследовательском рентгеновском оборудовании; • представлением об основных принципах работы исследовательского рентгеновского оборудования; | |
| ПК-2 | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области структурного анализа материалов; • физические основы методов анализа; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области взаимодействия излучения с веществом; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по анализу веществ; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями при расшифровке структур материалов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области структурного анализа материалов; • техническими и физическими основами проведения: качественного фазового анализа; определения размера частиц порошка по рентгендифракционным данным; • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. | Устный опрос, письменный опрос |
| ПК-3 | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • принцип работы и конструкции различных источников и приёмников рентгеновского излучения; • теоретические основы работы различных рентгеновских камер и дифрактометров. • что востребовано практикой на текущий момент и как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем и решать их с помощью современной аппаратуры, оборуд- | Устный опрос, письменный опрос |

| | | |
|------|--|--------------------------------|
| | <p>дования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <ul style="list-style-type: none"> максимально эффективно использовать возможности имеющегося рентгеновского оборудования генерировать идеи по разработке оборудования и программного обеспечения для рентгеновского анализа. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> техникой экспериментальных исследований структуры материалов, определения количества и толщины слоев тонкопленочных многослойных наноструктур методом рентгеновской рефлектометрии владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем | |
| ПК-4 | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине; критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по изучению структуры и других параметров твёрдых тел; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области анализа структуры, размеров микро и нано частиц материалов; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками проведения рентгеновских исследований монокристаллических, поликристаллических и аморфных материалов; навыками проведения научных исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. Методами организации физических исследований, семинаров и конференций. | Устный опрос, письменный опрос |

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ОПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|---------|--|-------------------|---------------|------------|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Порого- | уметь использовать | Ознакомлен с ис- | Демонстрирует | Показывает |

| | | | | |
|--------|--|---|--|--|
| высший | знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе. | пользованием знаний современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе. | знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе. | навыки успешного использования современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе. |
|--------|--|---|--|--|

ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |

ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно – технологической деятельности».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Ознакомлен с методами, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Демонстрирует свободное владение методами для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | Показывает навыки успешного владения методами, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности |

ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|---------|--|-----------------|--------|---------|
| | | Удовлетвори- | Хорошо | Отлично |
| | | | | |

| | | | | |
|-----------|--|--|---|--|
| | монстрировать) | тельно | | |
| Пороговый | Представление планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции | Ознакомлен с планированием и организацией физических исследований, семинаров и конференций | Демонстрирует умение планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции | Показывает навыки успешного планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций. |

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

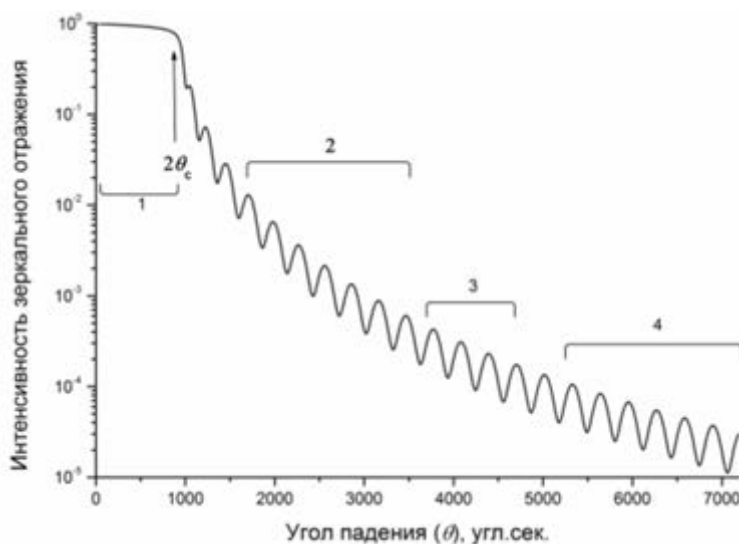
7.3. Примеры вопросов и тестов для текущего и промежуточного контроля по дисциплине «Рентгеноструктурный анализ наносистем»

Примерные тесты к теме «Рентгеновская рефлектометрия»

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 CuK_α $\sigma(\text{Si}) = 3,25 \cdot 10^{-6}$, $\beta(\text{Si}) = 7,4 \cdot 10^{-8}$. 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 CuK_α $\sigma(\text{Ni}) = 2,72 \cdot 10^{-6}$, $\beta(\text{Ni}) = 5,72 \cdot 10^{-8}$. 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

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 рефрактометрии?
21. Как определяется состав преломляющего слоя методом рентгеновской рефрактометрии?
22. Как определяется толщина пленок методом рентгеновской рефрактометрии?
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?

7.4. 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

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

Лекции - Текущий контроль включает:

- посещение занятий __10__ бал.
- активное участие на лекциях __15__ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум __60__ бал.
- и др. (доклады, рефераты) __15__ бал.

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий __10__ бал.
- активное участие на практических занятиях __15__ бал.
- выполнение домашних работ __15__ бал.
- выполнение самостоятельных работ __20__ бал.
- выполнение контрольных работ __40__ бал.

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

а) 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. Горелик, С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ [Текст]: учебное пособие / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. – М.: МИСИС, 2002 – 360 с.
6. Кузнецова, Г.А. Качественный рентгенофазовый анализ [Текст]: методические указания / Г.А. Кузнецова. – Иркутск: ИГУ, 2005. – 28 с.
7. Храмов, А. С. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов. Часть I: учебное пособие / А. С. Храмов, Р. А. Назипов – 2-е изд., исправл. и допол. – Казань, 2009. – 64 с.
8. Кузьмичева, Г. М. Порошковая дифрактометрия в материаловедении Часть I [Текст]: учебное пособие / Г. М. Кузьмичева. – М.: МИТХТ им. М.В.Ломоносова, 2005. – 90 с.
9. Чупрунов, Е. В. Рентгеновские методы исследования твердых тел [Текст]: / Е. В. Чупрунов, М. А. Фаддеев, Е. В. Алексеев. – Нижний Новгород, 2007. – 194 с.
10. Цыбуля, С. В. Введение в структурный анализ нанокристаллов [Текст]: учебное пособие / С. В. Цыбуля, С. В. Черепанова. – Новосибирск: Новосибирский Государственный Университет, 2008. – 92 с.
11. Ботвин, В. А. Определение параметров поликристаллических наноразмерных материалов по уширению дифракционных отражений / В. А. Ботвин, К. А. Мить, Е. В. Грицкова, Д. М. Мухамедшина. URL: <http://vestnik.ntu.kz/?q=ru/node/404>.
12. 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.

б) 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.
2. Рентгенофазовый анализ / Л. М. Ковба, В. К. Трунов // М.: Московский университет, 1976. – 171 с.
3. Миркин, Л. И. Рентгеноструктурный анализ: Справочное руководство. – М.: Наука, 1976. – 863 с.
4. Шаскольская, М. П. Кристаллография. М.: Высшая школа. 1976.
5. Гинье, А. Рентгенография кристаллов, гл. 9. М., ИЛ, 1961.
6. Горелик С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ / С. С. Горелик, Л. Н. Расторгуев, Ю. А. Скаков // М.: Металлургия, 1970.
7. Уманский, Я. С. Рентгенография металлов и полупроводников. М.: Металлургия, 1969. – 496с.
8. Дзидзигури Э. Л. Ультрадисперсные среды: методы рентгеновской дифрактометрии для исследования наноматериалов: учебное пособие. – М.: МИСиС, 2007. – 60 с.
9. Хейкер, Д. М. Рентгеновская дифрактометрия / Под ред. Г. С. Жданова. – М.: Физматгиз, 1963. – 380 с.
10. Гинье, А. *Рентгенография кристаллов* / Пер. с франц. Под ред. Белова Н.В. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1961. – 604 с.
11. Уманский, Я. С. *Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия* / Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А. Н. Иванов, Л. Н. Расторгуев. – М.: Металлургия, 1994. – 632 с.
12. Горелик, С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. Приложения. М: Металлургия, 1970. 107 с.
13. Русаков, А. А. Рентгенография металлов: Учебник для вузов. М.: Атомиздат, 1977. 480 с.

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 PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, 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.