



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

Институт наукоемких технологий и передовых материалов (Школа)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Саранин А.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента
Общей и экспериментальной физики

(подпись)

Короченцев А.А.
(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Рентгеноструктурный анализ

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

магистерская программа

«Электроника и нанoeлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 2

лекции 36 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы _____ час.

в том числе с использованием МАО лек. _____ / пр. _____ / лаб. _____ час.

в том числе в электронной форме лек. _____ / пр. _____ / лаб. _____ час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 час.

в том числе с использованием МАО _____ час.

в том числе контролируемая самостоятельная работа _____ час.

в том числе в электронной форме _____ час.

самостоятельная работа 90 час.

в том числе на подготовку к экзамену _____ час.

курсовая работа / курсовой проект _____ семестр

зачет 2 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

Директор департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ: к.ф.-м.н., доцент Короченцев В.В.

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Давыденко А.В.

Владивосток

2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация дисциплины "Рентгеноструктурный анализ"

Учебная дисциплина «Рентгеноструктурный анализ» предназначена для магистрантов 1 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)».

Дисциплина «Рентгеноструктурный анализ» входит в обязательную часть блока дисциплин образовательной программы (Б1.О.04.02), реализуется на 1 курсе, в 2 семестре, завершается зачетом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 З.Е. (144 часа). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.), практические занятия (18 час.), самостоятельная работа студента (90 час.), зачет.

Язык реализации – русский.

Цель изучения дисциплины: дать представление о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе рентгеноструктурного анализа, рассмотреть принцип действия, особенности конструкций, требования к активным материалам и элементам, возможности и технические характеристики приборов и устройств рентгеноструктурного анализа, подготовить будущих специалистов к грамотному их применению.

• Задачи:

- Дать представление студентам о теоретических основах дифракционных методов анализа структур.
- Ознакомить студентов с видами дифракционных методов, изучить особенности их функционирования.
- Подробно изучить дифракцию медленных и быстрых электронов, рентгеновскую дифракцию.
- Обучить студентов теории расчета дифракционных изображений.
- Закрепить полученные знания с помощью тренировки расшифровки реальных дифракционных изображений.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируется следующие общепрофессиональные компетенции:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Научное мышление	ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники ОПК-1.2 осуществляет систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме с использованием компьютерных технологий ОПК-1.3 применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
Исследовательская деятельность	ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	ОПК-2.1 демонстрирует знание методов синтеза и исследования моделей, современных методов исследования для решения профессиональных задач ОПК-2.2 обосновывает выбор методов исследования для решения профессиональных задач, в том числе методов модуляции параметров оптического излучения, распространяющегося в волоконном световоде, применяемых для построения измерительных преобразователей

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-1.1 демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники	<u>Знает</u> понятийный аппарат электроники и нанoeлектроники, математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности
	<u>Умеет</u> представлять современную научную картину для описания наблюдаемых явлений в нанoeлектронике
	<u>Владеет</u> навыками коммуникации и презентации научных исследований в области электроники и нанoeлектроники
ОПК-1.2 осуществляет систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме с использованием компьютерных технологий	<u>Знает</u> методы и способы систематизации научно-технической информации по исследуемой проблеме
	<u>Умеет</u> применять компьютерные технологии для систематизации научно-технической информации
	<u>Владеет</u> навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определения путей их решения и оценки эффективности сделанного выбора
ОПК-1.3 применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	<u>Знает</u> методы теоретического и экспериментального исследования
	<u>Умеет</u> применять методы теоретического и экспериментального анализа исследуемых объектов, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
	<u>Владеет</u> навыками теоретического и экспериментального исследования и оценки эффективности выбранного метода
ОПК-2.1 демонстрирует знание методов синтеза и исследования моделей, современных методов исследования для решения профессиональных задач	<u>Знает</u> методы синтеза и исследования моделей, необходимые для решения профессиональных задач
	<u>Умеет</u> рассматривать возможные варианты синтеза и исследования моделей, оценивая их достоинства и недостатки
	<u>Владеет</u> навыками использования современных методов исследования, необходимых для решения поставленной задачи
ОПК-2.2 обосновывает выбор методов исследования для решения	<u>Знает</u> методы исследования для решения поставленных экспериментальных и теоретических задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
профессиональных задач, в том числе методов модуляции параметров оптического излучения, распространяющегося в волоконном световоде, применяемых для построения измерительных преобразователей.	<u>Умеет</u> выбирать подходящий для профессиональной задачи метод исследования, в том числе методы модуляции параметров оптического излучения, распространяющиеся в волоконном световоде, применяемые для построения измерительных преобразователей
	<u>Владеет</u> навыками обоснованного применения подходящих современных методов исследования, в том числе применяемых для построения измерительных преобразователей, при этом оценивания их достоинства и недостатки
ОПК-2.3 анализирует профессиональную информацию, обосновывает выводы, представляет ее в виде аналитических обзоров и аргументировано защищает результаты выполненной работы.	<u>Знает</u> основные принципы, методы и средства анализа профессиональной информации, выделения в ней главного, структурирования, оформления и представления ее в виде аналитических обзоров
	<u>Умеет</u> аргументировано защищать результаты выполненной работы, в том числе сделанной на основе анализа профессиональной информации
	<u>Владеет</u> навыками представления аналитической информации, полученных выводов и результатов, осуществления обзора

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося			Формы промежуточной аттестации
			Лек	Пр	СР	
1	Раздел I. Общие сведения о дифракции и кристаллографии	2	6	-	20	УО-1; ПР-15
2	Раздел II. Дифракция		18	8	30	УО-1; ПР-15

	быстрых электронов		-		
3	Раздел III. Дифракция медленных электронов и рентгеновская дифракция	12	10 -	40	УО-1; ПР-15
	Итого:	34	34 -	90	

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (36 час.)

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА - лекции (36 ч.)

Раздел I. Общие сведения о дифракции и кристаллографии (6 час.)

Тема 1. Теоретические основы дифракции. (4 ч.)

Дифракция света. Интерференция световых волн. Зоны Френеля. Дифракция от круглого отверстия. Дифракция от круглого диска. Дифракция от щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей в кристалле.

Тема 2. Элементы кристаллографии. (2 ч.)

Индексы Миллера. Понятие обратной решетки. Свойства обратной решетки. Поверхностные решетки. Низкоиндексные и высокоиндексные плоскости. Поверхностная реконструкция поверхности. Матричная запись и запись Вуда.

Раздел II. Дифракция быстрых электронов (18 час.)

Тема 3. Конструкция метода дифракции быстрых электронов (ДБЭ). (6 ч.)

Аппаратура ДБЭ. Устройство электронной пушки. Фильтрация по энергии. Особенности применения ДБЭ.

Тема 4. Геометрические особенности картин ДБЭ (6 ч.)

Ключевая идея дифракции. Построение Эвальда для ДБЭ. Лауэ зоны в картинах ДБЭ. Картины ДБЭ от решеток с базисом. Полосы на картинах ДБЭ. Некогерентное рассеяние. Нахождение параметра решетки

Тема 5. Реальные картины ДБЭ (6 ч.)

Идеальные гладкие поверхности. Вибрирующие поверхности. Поверхности с упорядоченными островками. Дифракция на просвет. Длина когерентности. Разупорядоченные вокруг выделенной оси кристаллы. Псевдоодномерные кристаллы.

Раздел III. Дифракция медленных электронов и рентгеновская дифракция (12 час.)

Тема 6. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). (6 ч.)

Физические основы метода ДМЭ. Конструкция и параметры ДМЭ. Построение Эвальда. ДМЭ на двумерной решетке. ДМЭ на трехмерной решетке. Влияние дефектов на картины ДМЭ. Влияние тепловых колебаний атомов.

Тема 7. Рентгеновская дифракция (РД). (6 ч.)

Общие свойства рентгеновских лучей. Источники рентгеновских лучей. Конструкционные особенности РД. Применение. Геометрические особенности картин РД. Реальные картины РД. Рентгенографический анализ. Интерпретация порошковых диаграмм.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические работы (18 час.)

Практическая работа №1. Расчет изображения ДБЭ от поверхности Si(111) и Si(100). (4 ч.)

Практическая работа №2. Расчет изображения ДБЭ на отражение от эпитаксиальной пленки. (2 ч.)

Практическая работа № 3 Расчет изображения ДБЭ на просвет от эпитаксиальной пленки. (2 ч.)

Практическая работа № 4 Расчет изображения ДМЭ от поверхностной фазы на кремнии. (2 ч.)

Практическая работа № 5 Расчет изображения ДМЭ от эпитаксиальной пленки. (2 ч.)

Практическая работа № 6 Расчет рентгенограммы. (4 ч.)

Практическая работа № 7 Расчет углового спектра РД. (2 ч.)

Задания для самостоятельной работы

Требования: После каждой практической работы обучающемуся необходимо решить самостоятельно несколько задач и сдать их на проверку перед следующей практической работой.

Самостоятельная работа №1. Расчет изображения ДБЭ от неизвестной подложки. Определение материала подложки.

Студентам дается калибровочное изображение ДБЭ от известной поверхности, например, Si(111) и несколько изображений от поверхности неизвестной подложки, полученных при различных азимутальных углах. Необходимо восстановить тип кристаллической решетки на неизвестной

поверхности, выяснить ее симметрию и определить параметр решетки. По полученным данным нужно предположить с поверхностью какого материала студент имеет дело.

Самостоятельная работа №2. Расчет изображения ДБЭ от неизвестной эпитаксиальной пленки. Определение материала пленки.

Студентам дается калибровочное изображение ДБЭ от известной поверхности, например, Si(111) и несколько изображений от поверхности неизвестной пленки, полученных при различных азимутальных углах. Необходимо восстановить тип кристаллической решетки на неизвестной поверхности, выяснить ее симметрию и определить параметр решетки. По полученным данным нужно предположить с пленкой какого материала студент имеет дело.

Самостоятельная работа №3. Расчет изображения ДБЭ на просвет от неизвестной эпитаксиальной пленки. Определение материала пленки.

Студентам дается калибровочное изображение ДБЭ от известной поверхности, например, Si(111) и несколько изображений на просвет от неизвестной пленки, полученных при различных азимутальных углах. Необходимо восстановить тип кристаллической решетки на неизвестной поверхности, выяснить ее симметрию и определить параметр решетки. По полученным данным нужно предположить с пленкой какого материала студент имеет дело.

Самостоятельная работа №4 Расчет изображения ДМЭ от поверхностной фазы на кремнии.

Студентам дается калибровочное изображение ДМЭ от известной поверхности, например, Si(111) и несколько изображений ДМЭ от неизвестной поверхностной фазы, полученных при различных азимутальных углах. Необходимо восстановить тип кристаллической решетки неизвестной поверхностной фазы, выяснить ее симметрию и определить параметр решетки. По полученным данным нужно предположить с пленкой какого материала студент имеет дело.

Самостоятельная работа №5 Расчет изображения ДМЭ от неизвестной эпитаксиальной пленки на кремнии.

Студентам дается калибровочное изображение ДМЭ от известной поверхности, например, Si(111) и несколько изображений ДМЭ от неизвестной пленки, полученных при различных азимутальных углах. Необходимо восстановить тип кристаллической решетки неизвестной эпитаксиальной пленки, выяснить ее симметрию и определить параметр решетки. По полученным данным нужно предположить с пленкой какого материала студент имеет дело.

Самостоятельная работа №6 Расчет рентгенограммы.

Студентам дается несколько рентгенограмм от неизвестного кристалла, полученных в различных кристаллографических направлениях. На рентгенограммах указан масштабный отрезок. Необходимо восстановить тип кристаллической решетки неизвестной эпитаксиальной пленки, выяснить ее симметрию и определить параметр решетки. По полученным данным нужно

предположить с кристаллом какого материала студент имеет дело.

Самостоятельная работа №7 Расчет углового спектра.

Студентам дается угловой спектр от неизвестного кристалла. На угловом спектре указаны некоторые пики, но остальные неизвестны. Необходимо проиндицировать неизвестные пики и по полученным данным нужно предположить с кристаллом какого материала студент имеет дело.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели семестра	Домашнее задание 1	10 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь) УО-1 (собеседование)
2	3-4 недели семестра	Домашнее задание 2.	10 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь), УО-1 (собеседование)
3	5-6 недели семестра	Домашнее задание 3	10 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь) УО-1 (собеседование)
4	7-8 недели семестра	Домашнее задание 4.	10 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь), УО-1 (собеседование)
5	9-10 недели семестра	Домашнее задание 5	10 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь) УО-1 (собеседование)
6	11-12 неделя семестра	Домашнее задание 6.	10 час	ПР-15 (рабочая тетрадь), УО-1 (собеседование)
7	13-14 недели семестра	Домашнее задание 7	10 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь) УО-1 (собеседование)
9	15-18 недели семестра	Подготовка к зачету	20 час.	Зачет
Итого:			90 час.	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение

заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Работа с литературой.

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.

Домашние задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку студентов к зачету и тренируют их навыки решения практических задач. Каждое домашнее задание включает в себя решение одной задачи, теория для решения которой рассматривается на лекциях и практических занятиях. Перед тем, как приступить к решению задач, рекомендуется ознакомиться с теоретическим материалом учебной литературы по теме домашних задач. Также студенты могут перечитать конспект лекций. Даже если задачу не удастся решить до конца, можно отразить ход мыслей или часть решения задачи.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы отражаются в домашних работах.

К представлению и оформлению домашних заданий предъявляются следующие требования.

Домашние задания должны быть выполнены письменно на отдельных листах. На каждом листе указывается номер домашнего задания, группа, Ф.И.О. студента. Домашнее задание состоит из решения задач. Для каждой задачи указывается то, что дано, и что нужно найти. Решение задач должно сопровождаться четко и понятно выстроенной логической цепочкой рассуждений или вычислений. При необходимости нужно приводить графические материалы, чертежи и схемы. Можно использовать принтер для распечатки электронограмм. Не запрещается выполнять домашнюю работу полностью на компьютере и распечатывать. Однако тип представления

данных не должен ни коим образом сужать приводимые рассуждения или делать их менее понятными. Напротив, использование персонального компьютера целесообразно только в том случае, если это приведет к качественному улучшению отчета по домашней работе. В конце каждой задачи должен быть указан ответ или вывод, например, что исследуемый монокристалл является оксидом магния. Указание только ответа не является достаточным для зачета решения задачи.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценивание домашних заданий проводится по критериям:

- полнота выполненных заданий;
- ход решения
- правильность ответов
- логика рассуждений
- оформление работы

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Темы 1-5 Дифракция быстрых электронов	ОПК-1.1. демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники	Знает как демонстрировать знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники в процессе профессионального взаимодействия	ПР-15 (рабочая тетрадь), ПР-2 (контрольная работа) УО-1 (собеседование)	Зачет, вопросы 1-10
			Умеет представлять современную научную картину для описания наблюдаемых явлений в нанoeлектронике		
			Владеет навыками коммуникации и презентации научных исследований в электронике и нанoeлектронике		
		ОПК-1.2. осуществляет систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме с использованием	Знает как осуществлять систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме		
			Умеет применять использовать компьютерные технологии для систематизацию научно-технической информации		

		компьютерных технологий	Владеет навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора		
		ОПК-1.3. применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Знает методы теоретического и экспериментального исследования		
			Умеет применять методы теоретического и экспериментального анализа исследуемых объектов в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте		
			Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования и оценивать эффективность выбранного метода		
2	Тема 6 Дифракция медленных электронов	ОПК-2.1. демонстрирует знание методов синтеза и исследования моделей, современных методов исследования для решения профессиональных задач	Знает методов синтеза и исследования моделей, необходимые для решения профессиональных задач Умеет использовать современные методы исследования, необходимые для решения поставленной задачи Владеет навыками рассматривать возможные варианты синтеза и исследования моделей, оценивая их достоинства и недостатки	ПР-15 (рабочая тетрадь), ПР-2 (контрольная работа) УО-1 (собеседование)	Зачет, вопросы 11-20
3	Тема 7 Рентгеновская дифракция	ОПК-2.2. обосновывает выбор методов исследования для решения профессиональных задач, в том числе методов модуляции параметров оптического излучения, распространяющегося в волоконном световоде, применяемых для построения измерительных преобразователей.	Знает методы исследования для решения поставленных экспериментальных и теоретических задач Умеет выбирать и обосновывать подходящий для профессиональной задачи метод исследования, в том числе методы модуляции параметров оптического излучения, распространяющегося в волоконном световоде, применяемые для построения измерительных преобразователей Владеет и способен применять подходящие современные методы исследования, в том числе применяемых для построения измерительных преобразователей, при этом оценивания их достоинства и	ПР-15 (рабочая тетрадь), ПР-2 (контрольная работа) УО-1 (собеседование)	Зачет, вопросы 21-32

			недостатки		
		ОПК-2.3. анализирует профессиональную информацию, обосновывает выводы, представляет ее в виде аналитических обзоров и аргументировано защищает результаты выполненной работы.	Знает как анализировать профессиональную информацию, обосновывать выводы, и представлять ее в виде аналитических обзоров		
			Умеет аргументировано защищает результаты выполненной работы, в том числе сделанной на основе анализа профессиональной информации		
			Владеет навыком представления аналитической информации, способен осуществлять обзор и делать выводы, а так же аргументировано защищать результаты выполненной работы		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Бабенко, С. П. Дифракция световых волн : учебное пособие / С. П. Бабенко. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. — 48 с. — ISBN 978-5-7038-3966-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/30871.html> (дата обращения: 28.04.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.
2. Уфимцев, П. Я. Основы физической теории дифракции / П. Я. Уфимцев. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 351 с. — ISBN 978-5-00101-762-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/89109.html> (дата обращения: 28.04.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

3. Заикин, А. Д. Когерентная оптика. Интерференция, дифракция, поляризация : учебное пособие / А. Д. Заикин, И. И. Суханов, О. Б. Яनावичус. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 80 с. — ISBN 978-5-7782-4078-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система ДВФУ : [сайт]. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-98791&theme=FEFU> (дата обращения: 28.04.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.
4. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела : [учебное руководство] / Ч. Киттель. — Москва: Альянс, 2013. — 791 с.
<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:776747&theme=FEFU>

Дополнительная литература

1. Анисович, А. Г. Рентгеноструктурный анализ в практических вопросах материаловедения / А. Г. Анисович. — Минск : Белорусская наука, 2017. — 208 с. — ISBN 978-985-08-2112-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74087.html> (дата обращения: 28.04.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.
2. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167762> (дата обращения: 28.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Интернет-ресурсы

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Проект о современной фундаментальной науке «ПостНаука» <http://postnauka.ru>

<http://www.nanometer.ru>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общая инфраструктура учебных классов.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов. Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний. При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники.

В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Практические занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений. Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к зачету. К сдаче зачета допускаются обучающиеся, выполнившие все самостоятельные задания, предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 441. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 15) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CСВА – 1 шт. Доска аудиторная.</p>	<p>Специализированное ПО не требуется</p>
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы</p>	<p>Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)</p>	<p>Специализированное ПО не требуется</p>

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Рентгеноструктурный анализ» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)

Письменные работы:

1. Рабочая тетрадь (ПР-15)

Устный опрос

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, понимание материала, самостоятельность выполнения домашних задач, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачету.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Письменные работы

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Рабочая тетрадь (ПР-15) – дидактический комплекс, предназначенный для самостоятельной работы обучающегося и позволяющий оценивать уровень усвоения им учебного материала.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Рентгеноструктурный анализ» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – зачет (2-й, весенний семестр). Форма зачета – два письменных вопроса, на которые студенту дается 40 мин, затем 2 устных вопроса и 1 задача, на которую дается 30 мин. Допуск к зачету возможен только после сдачи домашних заданий.

Методические указания по сдаче зачета

Зачет принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с

рабочей программой дисциплины.

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 40 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

Вопросы к зачету

1. Понятие дифракции и интерференции света, принцип Гюйгенса-Френеля;
2. Дифракция Френеля и Фраунгофера;
3. Дифракционная решетка, дифракция рентгеновских лучей;
4. Устройство дифракции быстрых электронов (ДБЭ), аппаратура ДБЭ, устройство электронной пушки ДБЭ, особенности применения ДБЭ;
5. Основные элементы кристаллографии, кристаллические решетки, симметрия кристаллов;
6. Решетка Бравэ, двумерные решетки Бравэ, индексы Миллера;
7. Обратная решетка и ее свойства;
8. Низко и высокоиндексные плоскости в кристаллах, поверхностная реконструкция;
9. Дифракция на кристаллической решетке (общий случай), отражение рентгеновских лучей семейством плоских сеток, уравнение Брэгга;
10. Построение Эвальда, структурный фактор для плоскости решетки, пример вычисления структурного фактора;
11. Дифракция быстрых электронов, построение Эвальда в случае ДБЭ, обратная решетка плоской поверхности;
12. Проекция сферы Эвальда на экран ДБЭ, нулевая и первая Лауэ зоны квадратной решетки, решетка с базисом;
13. Геометрические особенности картин ДБЭ, картины ДБЭ от плоской поверхности, некогерентное рассеяние;
14. Определение параметра решетки по картинам ДБЭ, картины ДБЭ от ступенчатой поверхности;
15. Кикучи линии, определение структуры решетки по Кикучи линиям,

- влияние несовершенства решетки на формирование Кикучи линий;
16. Реальные картины ДБЭ, полосы на картинах ДБЭ, картины ДБЭ от поверхности с упорядоченными островками;
 17. ДБЭ на просвет, картины ДБЭ от поверхности, разориентированной вдоль выделенной оси, картины ДБЭ от псевдоодномерных кристаллов, понятие длины когерентности и ее зависимость от физических параметров системы;
 18. Кинематическая теория ДБЭ, упругое рассеяние электронов, неупругое рассеяние электронов;
 19. Аппроксимация Борна, влияние температуры на картины ДБЭ, выводы кинематической теории ДБЭ;
 20. Осцилляции интенсивности ДБЭ, причины осцилляций интенсивности рефлексов ДБЭ, условия наблюдения осцилляций интенсивности ДБЭ, кинематическая теория осцилляций ДБЭ, осцилляции в процессе роста и сублимации материала пленки;
 21. Дифракция медленных электронов (ДМЭ), устройство ДМЭ, построение Эвальда в случае ДМЭ на двумерной обратной решетке, построение Эвальда в случае ДМЭ на трехмерной обратной решетке;
 22. Основы кинематической теории ДМЭ, влияние дефектов на картины ДМЭ, классификация типов поверхностных структур

Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине

«Рентгеноструктурный анализ»:

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 - 100	отлично / зачтено	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	хорошо / зачтено	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 - 75	удовлетворительно / зачтено	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при решении задач.

0 -60	неудовлетворительно / не зачтено	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет решение задач. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
-------	----------------------------------	---

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (решению домашних задач) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Устный опрос в сочетании с проверкой рабочей тетради

Студенты заводят тетрадь для решения домашних задач. Студентам после каждого лабораторного занятия даются несколько задач для самостоятельного решения. На следующем занятии студенты сдают решенные домашние задачи, преподаватель проверяет их. На следующем занятии преподаватель выставляет оценки. Таким образом, цикл решения и проверки одной группы домашних задач составляет две недели. Если у преподавателя возникли вопросы в ходе проверки домашних задач, он вправе провести беседу со студентами в начале занятия. Собеседование проводится для проверки понимания домашних задач студентами и исключения возможности копирования решенных задач у одногруппников.

Критерии оценивания решения домашних задач

Оценка	Требования
«отлично»	Студент решил все задачи. Допускается несовпадение с правильным ответом при решении одной задачи с учетом того, что ход решения правильный, но допущена алгебраическая ошибка. Студент может объяснить ход решения и знает физические законы, которые использовались

	при решении задачи.
«хорошо»	Студент решил 70% задач правильно, может объяснить ход решения и знает физические законы, которые использовались при решении задачи.
«удовлетворительно»	Студент решил 50% задач правильно, может объяснить ход решения и знает физические законы, которые использовались при решении задачи.
«неудовлетворительно»	Студент решил менее 50% задач правильно. Или студент предоставил решение более 50% задач, но не может объяснить ход решения и не знает физические законы, которые использовались при решении задач. Соответственно задачи, которые студент не может объяснить, не учитываются.