



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

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП  
  
Огнев А.В.

«УТВЕРЖДАЮ»  
И.о. директора департамента  
общей и экспериментальной  
физики  
  
Короченцев В.В.  
«15» декабря 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Методы рентгеновского изображения в исследовании структуры**  
**объектов**

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

Использование синхротронного излучения (совместно с НИЯУ МИФИ, МГТУ им. Н. Э. Баумана,  
НИЦ "Курчатовский институт")

**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 3  
лекции 16 час.  
практические занятия 0 час.  
лабораторные работы 32 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 8 /пр. /лаб. час.  
всего часов аудиторной нагрузки 48 час.  
в том числе с использованием МАО 8 час.  
самостоятельная работа 96 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
курсовой проект – не предусмотрено  
зачет не предусмотрен  
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 914.

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

И.о. директора департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ к.х.н.  
Короченцев В.В.

Составитель: Огнев А.В.

Владивосток  
2021

**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

В рамках изучения учебной дисциплины «Методы рентгеновского изображения в исследовании структуры объектов» учащиеся получают теоретические и практические знания и навыки, необходимые для использования и разработки методов определения строения реальных кристаллов, исследований структурного совершенства и элементного анализа кристаллических и поликристаллических материалов, планарных органических и неорганических микро- и наносистем, систем с использованием методов высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии.

#### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель:** приобретение магистрантами теоретических и практических навыков, необходимых для использования и разработки методов определения строения реальных кристаллов, исследований структурного совершенства и элементного анализа кристаллических и поликристаллических материалов, планарных органических и неорганических микро- и наносистем, систем с использованием методов высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии.

**Задачи:**

- изучение базовых представлений о современных методах анализа кристаллической структуры с использованием рентгеновского, нейтронного и синхротронного излучений;
- ознакомление с базовыми представлениями о современных методах анализа тонкопленочных планарных систем с использованием лабораторных и синхротронных источников рентгеновского излучения;
- формирование у аспирантов способности использовать полученные знания при сборе экспериментальных данных, их обработке, проведении расшифровки и уточнения кристаллических структур, анализе полученных результатов.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируется профессиональная компетенция.

Профессиональная компетенция выпускников и индикаторы ее достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Организационно-управленческий	<b>ПК-5</b> Способен планировать и организовывать исследования в области прикладной физики,	ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	наноматериалов и нанотехнологий, научные семинары	ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	Знает основные инструменты для организации исследований в области прикладной физики
	Умеет применять необходимые инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов
	Владеет основными инструментами для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов
ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	Знает основные способы планирования, и организации исследований
	Умеет выбирать способы планирования исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий
	Владеет навыками организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий

### 1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётные единицы 180 академических часов, в том числе 48 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 96 ак.ч. академических часов на самостоятельную работу обучающихся и 36 ак.ч. на контроль знаний.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
ЛР	Лабораторные занятия

СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

### Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Пр	Лр	ОК	СР	
1	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Методы рентгеновских исследований. Методы генерации, управления и регистрации рентгеновского излучения.	3	2		4		12	Экзамен
2	Принципы работы современных экспериментальных установок на основе лабораторных, синхротронных и FEL источников рентгеновского излучения.	3	2		4		12	
3	Методы обработки полученных экспериментальных данных.	3	2		4		12	
4	Современные методы поиска и уточнения структурной модели кристаллов. Особенности строения реальных кристаллов. Анализ взаимосвязи между структурой и условиями образования кристаллических материалов.	3	2		4		12	
5	Рентгеновская рефлектометрия. Рентгеновская томография. Методы высокоразрешающей дифрактометрии.	3	2		6		12	
6	Современные методы поиска и уточнения структурной модели кристаллов.	3	4		4		12	
7	Особенности строения реальных тонкопленочных и наноструктурированных объектов. Анализ взаимосвязи между структурой, условиями образования материалов.	3	2		4		12	
8	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации	3					12	
9	Подготовка к экзамену	3						36

Итого:		16		32		96	36	
--------	--	----	--	----	--	----	----	--

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

1. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Методы рентгеновских исследований. Методы генерации, управления и регистрации рентгеновского излучения. Основные сведения о рентгеновском излучении. Рассеяние свободным электроном, поляризационный множитель. Атомный и структурный факторы. Форм-фактор и величина узлов обратной решетки. Формула Лауэ и формула Вульфа-Брегга. Прямая и обратная решетка. Сфера Эвальда. Рентгеноструктурный анализ и фазовая проблема. Основные механизмы поглощения рентгеновского излучения. Методы исследования материалов, где используется поглощение рентгеновских лучей. Комплексные диэлектрическая проницаемость и показатель преломления среды. Коэффициент поглощения. Формулы Френеля. Полное внешнее отражение (ПВО). Критический угол ПВО. Глубина проникновения излучения. Отражение от двух- и многослойных покрытий.

2. Принципы работы современных экспериментальных установок на основе лабораторных, синхротронных и FEL источников рентгеновского излучения.

Ондуляторы. Основные виды рентгенооптических элементов. Их назначение. Зеркальная оптика скользящего падения. Критический угол ПВО. Эффект «шепчущей галереи». Капиллярная оптика. Достоинства и недостатки. Многослойные зеркала. Принцип действия. Зонные пластинки. Отражательные зонные пластинки. Составные преломляющие линзы. Рентгеновские детекторы и принципы их работы. Сцинтилляционный детектор, устройство, принципы работы, кривая амплитудного разрешения, скорость счета.

Источники рентгеновского излучения: отпаянные рентгеновские трубки, микрофокусные трубки, трубки с вращающимся анодом, синхротронные источники, лазеры на свободных электронах (FEL). Лабораторные дифрактометры, синхротронные и FEL станции. Детекторы ионизирующих излучений: сцинтилляционные, энергодисперсионные, CCD и др. Основные рентгенооптические элементы.

3. Методы обработки полученных экспериментальных данных.

Общие положения. Систематическая ошибка и методы ее устранения. Виды статистических оценок полученных измерений. Критерии достоверности результатов структурного исследования. Выбор оптимальной тактики съемки. Коррекция недостатков штатного программного обеспечения коммерческих дифрактометров. Программа CrysAlis для управления дифрактометром. Классификация видов аппаратных искажений интенсивности. Влияние граничных условий образца на измерения. Шкалирование интенсивностей. Поправка Лорентца. Поправка на поляризацию излучения. Поправка на поглощение излучения. Поправка на тепловое диффузное рассеяние. Поправка на дрейф аппаратуры. Усреднение эквивалентных и повторных рефлексов. Выбор весовой схемы.

4. Современные методы поиска и уточнения структурной модели кристаллов. Особенности строения реальных кристаллов. Анализ взаимосвязи между структурой и условиями образования кристаллических материалов.

Диффузное рассеяние как источник информации о ближнем порядке в кристаллах. Методы регистрации диффузного рассеяния и проблемы эксперимента. Нанокластеры и диффузное рассеяния. Построение реальной модели кристалла методом Монте-Карло.

5. Рентгеновская рефлектометрия. Рентгеновская томография. Методы высокоразрешающей дифрактометрии.

Методы исследования шероховатостей поверхностей. Рассеяние РИ на шероховатых поверхностях. PSD-функция поверхности. Эффективная высота шероховатости. Влияние переходного слоя на отражение и рассеяние РИ. Эффект Ионеды. Связь рельефа подложки и нанесенной на нее пленки. Обратная задача рентгеновской рефлектометрии.

6. Современные методы поиска и уточнения структурной модели кристаллов.

Рентгеновская томография, медицинские компьютерные томографы. Основные типы рентгеновской томографии. Принципы восстановления внутренней структуры по данным рентгеновской томографии. Типы рентгеновских микротомографов. Выбор длины волны зондирующего излучения и разрешение лабораторных микротомографов. Шкала Хаунсфелда.Arteфакты рентгеновской томографии.

Особенности дифракции на неупорядоченных структурах. Понятия автокорреляционной и корреляционной функций. Формула Дебая как основа

методов моделирования строения рассеивающих объектов. Рассеяние на монодисперсных системах частиц, определение интегральных структурных параметров: объем частицы, радиус инерции, максимальный размер. Методы моделирования формы частиц по данным рассеяния. Анализ полидисперсных систем по данным малоуглового рассеяния: методы расчета распределений по размерам, понятие формфактора. Особенности рассеяния от разбавленных и концентрированных систем.

7. Особенности строения реальных тонкопленочных и наноструктурированных объектов. Анализ взаимосвязи между структурой, условиями образования материалов.

Методы расчетов физических свойств по экспериментальным данным. Примеры исследований взаимосвязи структуры и свойств, выполненные в лаборатории электронографии. Нанокластеры, агрегаты длинноцепных молекул и др. Построение реальной модели кристалла методом моделирования структуры молекул и их агрегатов.

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **Лабораторные работы**

1. Рентгеновская микротомография.
2. Рентгеновская рефлектометрия.
3. Рентгенофлуоресцентный анализ. Метод стоячих рентгеновских волн.
4. Современные методы анализа кристаллической структуры.
5. Методы электронной дифракции для анализа структуры нанообъектов
6. Некоторые практические примеры применения метода поликристалла.

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	в течение	Работа с основной и дополнительной	96 час.	ПР-5 Собеседование

	семестра	литературой, интернет-источниками. Подготовка к практическим занятиям.		
	ИТОГО		96 часов	

#### **4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

##### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью образовательного процесса и рассматривается как организационная форма обучения. Самостоятельная работа по дисциплине осуществляется в виде внеаудиторных форм познавательной деятельности.

*Самостоятельная работа включает в себя* подготовку к практическим и лабораторным занятиям, работу с литературой.

##### ***Работа 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.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при подготовке к практическим занятиям рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

*Подготовка к практическим занятиям.* Перед выполнением лабораторных работ студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом по теме занятия. Если при изучении теоретического материала возникли вопросы, задать вопрос преподавателю.

После выполнения каждого этапа работы, необходимо сделать анализ полученных результатов. Если результат удовлетворяет всем требованиям, указанным в задании, перейти к следующему этапу. В противном случае, если результат не удовлетворяет требованиям задания, приводит к некорректным выводам и/или ответам, необходимо проанализировать причины, приведшие к ошибкам. Работа над ошибками является одним из условий процесса совершенствования знаний и навыков а, следовательно, успешной учебы и работы.

#### *Структура отчета по лабораторной работе*

Отчеты представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MS Word.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

- *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для практических работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);

- *Исходные данные к выполнению заданий* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);

- *Основная часть* – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- *Выводы* – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

- *Список литературы* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

- *Приложения* – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

### *Оформление отчета по лабораторной работе*

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);

- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

### *Набор текста*

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы - левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

### *Рекомендации по оформлению графического материала*

Графические материалы – сканы рельефа поверхности или изображения магнитного контраста должны быть экспортированы из программного обеспечения Gwiddion в виде файла с расширением \*.tif с разрешением не менее 512 пк x 512 пк и вставлены в отчет. При необходимости изображения нужно расширить, чтобы преподаватель имел возможность увидеть детали скана.

### *Рекомендации по оформлению графиков*

Графики должны быть построены в программном пакете Excel или Origin. Оси графиков должны быть подписаны. Если в графике присутствуют несколько кривых, на графике необходимо привести легенду (отличительное описание каждой кривой). Все цифры на графике должны быть различимы.

*Самостоятельная работа.* Выполнение самостоятельной работы студентами необходимо для успешного закрепления изученного материала и навыков, приобретенных на практических занятиях.

## **5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Темы 1 - 7	ПК-5	знает	ПР-5 Собеседование	Экзамен
			умеет		
			владеет		

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 ФОС.

## 6. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Агеев, О. А. Методы формирования структур элементов нанoeлектроники и наносистемной техники: Учебное пособие / Агеев О.А., Федотов А.А., Смирнов В.А. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. - 72 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/948/73948>

2. Белов, Н. П. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов: Учебное пособие / Белов Н.П., Покопцева О.К., Яськов А.Д. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 43 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/335/63335>

3. Егоров-Тисменко, Ю. К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник для вузов / [под ред. В. С. Урусова]. М: МГУ, 2014. – 587 с. ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:734049&theme=FEFU>

4. Лорд, Э. Э. Новая геометрия для новых материалов / Э.Э. Лорд, А. Л. Маккей, С. Ранганатан / Пер. с англ. под ред. В. Я. Шевченко, В. Е. Дмитриенко. М: Физматлит, 2010, 260 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48204>

5. Трушин, В. Н. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов. Электронное учебно-методическое пособие / Трушин В.Н., Андреев П.В., Фаддеев М.А. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. - 89 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/210/79>

### Дополнительная литература

1. Астайкин, А. И. Метрология и радиоизмерения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Астайкин А.И., Помазков А.П., Щербак Ю.П. – Электрон. текстовые данные. – Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010. – 405 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18440.html> – ЭБС «IPRbooks».

2. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2009. - 416 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12979.html>

3. Орлова, М. Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: курс лекций/ Орлова М.Н., Борзых И.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. — 50 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56246.html>

4. Федотов, А. К. Физическое материаловедение. Часть 1. Физика твердого: учебное пособие / А. К. Федотов. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2010. — 400 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20161.html>

5. Шевченко, О. Ю. Основы физики твердого тела: учебное пособие / О.Ю. Шевченко. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2010. — 77 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67512.html>

### **Интернет-ресурсы**

1. Справочные данные из базы данных отдела физики поверхности ИАПУ ДВО РАН (3000 статей по различным направлениям) физики поверхности кремния. <http://silicon.dvo.ru/>

2. Получение и контроль сверхвысокого вакуума: Метод. указания к специальному практикуму по курсам «Физика поверхности и границ раздела» /Сост.: А.Е. Худяков, С.Г. Овчинников, А.С. Паршин.- Красноярск: САА, 2000.- 39 с. <http://sibsauktf.ru/courses/>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, Microsoft Office и др.), производится демонстрация роликов о работе исследовательского оборудования с сайта производителей.

## **7.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу.

При организации учебной деятельности на занятиях широко используются как традиционные, так и современные электронные носители информации, а также возможности информационных и коммуникационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся в учебной группе.

Со стороны преподавателя студентам оказывается помощь в формировании навыков работы с литературой, анализа литературных источников.

Следует учитывать, что основной объем информации студент должен усвоить в ходе систематической самостоятельной работы с материалами, размещенными как на электронных, так и на традиционных носителях.

Для углубленного изучения материала курса дисциплины рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

Литературные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронных библиотечных системах (ЭБС), с доступом по гиперссылкам — ЭБС издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" (<http://znanium.com/>), ЭБС IPRbooks (<http://iprbookshop.ru/>) и другие ЭБС, используемые в ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

Формами текущего контроля результатов работы студентов по дисциплине являются собеседование, лабораторные работы.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в форме зачета в конце 3 семестра.

Организация деятельности студента.

*Практическое занятие.* Перед практическим занятием студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом по теме занятия. Если при изучении теоретического материала возникли вопросы, задать вопрос преподавателю. На практических занятиях проводятся опросы (собеседования) по тематике занятий.

*Лабораторное занятие.* Перед выполнением лабораторных работ студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом по теме занятия. Если при изучении теоретического материала возникли вопросы, задать вопрос преподавателю.

После выполнения каждого этапа работы, необходимо сделать анализ полученных результатов. Если результат удовлетворяет всем требованиям,

указанным в задании, перейти к следующему этапу. В противном случае, если результат не удовлетворяет требованиям задания, приводит к некорректным выводам и/или ответам, необходимо проанализировать причины, приведшие к ошибкам. Работа над ошибками является одним из условий процесса совершенствования знаний и навыков а, следовательно, успешной учебы и работы.

*Самостоятельная работа.* Выполнение самостоятельной работы студентами необходимо для успешного закрепления изученного материала и навыков, приобретенных на практических и лабораторных занятиях.

### **Подготовка к экзамену**

В процессе подготовки к экзамену, следует ликвидировать имеющиеся пробелы в знаниях, углубить, систематизировать и упорядочить знания. Особое внимание следует уделить организации подготовки к экзаменам. Для этого важны следующие моменты - соблюдение режима дня: сон не менее 8 часов в сутки; занятия заканчивать не позднее, чем за 2-3 часа до сна; прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом во время перерывов между занятиями. Наличие полных собственных конспектов лекций является необходимым условием успешной сдачи экзамена. Если пропущена какая-либо лекция, необходимо ее восстановить, обдумать, устранить возникшие вопросы, чтобы запоминание материала было осознанным. Следует помнить, что при подготовке к экзаменам вначале надо просмотреть материал по всем вопросам сдаваемой дисциплины, далее отметить для себя наиболее трудные вопросы и обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

### 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 502. 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 – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.</p>	<p>Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</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>IBM SPSS Statistics Premium Campus Edition. Поставщик ЗАО Прогностические решения. Договор ЭА-442-15 от 18.01.2016 г., лот 5. Срок действия договора с 30.06.2016 г. Лицензия - бессрочно. SolidWorks Campus 500. Поставщик Солид Воркс Р. Договор 15-04-101 от 23.12.2015 г. Срок действия договора с 15.03.2016 г. Лицензия - бессрочно. АСКОН Компас 3D v17. Поставщик Нави-ком. Договор 15-03-53 от 20.12.2015 г. Срок действия договора с 31.12.2015 г. Лицензия - бессрочно. MathCad Education University Edition. Поставщик Софт Лайн Трейд. Договор 15-03-49 от 02.12.2015 г. Срок действия договора с 30.11.2015 г. Лицензия - бессрочно. Windows Edu Per Device 10 Education. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Под-писка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - 30.06.2020 г. Office Professional Plus 2019. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Подписка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - бессрочно. Autocad 2018. Поставщик Autodesk. Договор № 110002048940 от 27.10.2018 г. Сетевая, конкурентная. Срок действия договора с 27.10.2018 г. Лицензия - 27.10.2021 г. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1</p>

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.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>690014, Приморский край, г. Владивосток, ул. Радио 5, ИАПУ ДВО РАН, 302, 304, 306, 308, 310</p>	<p>Специализированная лаборатория Департамента общей и экспериментальной физики структур: Лаборатория технологии двумерной микроэлектроники: 1. Сверхвысоковакуумная установка поверхностного анализа MULTIPROBE ARUPS «Omicron»: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 40 до 500К), - ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением 2. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Omicron» STM VT-25: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 77 до 700 К) - электронная оже-спектроскопия, - дифракция медленных электронов. 3. Сверхвысоковакуумная установка для молекулярно- пучковой эпитаксии, оборудованная эффузионными ячейками Кнудсена (производства Dr. Erbell) и дифрактометром быстрых электронов Specs RHD-30. Количество посадочных рабочих мест для студентов - 8</p>	<p>Microsoft Office365/Microsoft/США/Платное ПО  Microsoft Teams/Microsoft/США/Платное ПО</p>

## 9. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<p>ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов</p>	<p>Знает основные инструменты для организации исследований в области прикладной физики</p>
	<p>Умеет применять необходимые инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов</p>
	<p>Владеет основными инструментами для организации</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции		Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)			
		исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов			
ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий		Знает основные способы планирования, и организации исследований			
		Умеет выбирать способы планирования исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий			
		Владеет навыками организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий			
№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Темы 1 - 4	ПК-5	знает	ПР-5 Собеседование	Экзамен
			умеет		
			владеет		

### Список вопросов к экзамену

1. Рентгеновское, синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах (FEL) - получение и свойства.
2. Теоретические основы дифракции и рассеяния рентгеновского излучения.
3. Устройства коллимации и монохроматизации рентгеновского излучения.
4. Методы регистрации ионизирующих излучений и виды детекторов.
5. Экспериментальная база структурных исследований - лабораторные дифрактометры, синхротронные и FEL станции.
6. Математические методы обработки экспериментальных данных.
7. Виды экспериментальных ошибок.
8. Методы минимизации.
9. Современные методы поиска и уточнения структурной модели кристаллов.
10. Двух и трехкристальные схемы.
11. Угловая и спектральная расходимость.
12. Коллимация и монохроматизация рентгеновского пучка.
13. Двух и более кристальный монохроматор.
14. Параллельная, непараллельная и антипараллельная геометрия. Двухкристальная кривая дифракционного отражения (КДО). Трехкристальная КДО. Многоволновая КДО.
15. Рентгеноакустика. Классификация рентгеноакустических взаимодействий. Особенности коротковолнового, средневолнового, длинноволнового диапазона взаимодействий.

16. Типы деформаций, рентгеноакустические резонаторы. Свойства рентгеноакустических резонаторов.
17. Управление параметрами рентгеновского излучения: интенсивность, длина волны, угол.  
Стробоскопическая техника и методы регистрации.
18. Вторичные процессы при взаимодействии рентгеновского излучения с веществом.
19. Характеристический спектр атомов. Энерго- и волнодисперсионные схемы рентгено-флуоресцентного анализа.
20. Методы качественного и количественного элементного анализа.
21. Отражение, преломление и поглощение рентгеновского излучения, явление полного внешнего отражения.
22. Условия формирования волнового поля стоячей рентгеновской волны в области полного внешнего отражения и в условиях брегговской дифракции.
23. Схема экспериментальной реализации метода стоячих рентгеновских волн. Влияние геометрических факторов (угловой расходимости и особенностей экспериментальной схемы) и спектральной неоднородности на экспериментальные результаты. Возможности применения метода стоячих рентгеновских волн.
24. Особенности строения реальных кристаллов. Анализ взаимосвязи между структурой, условиями образования кристаллических материалов.

### **Пример экзаменационного билета**

1. Теоретические основы дифракции и рассеяния рентгеновского излучения.
2. Особенности строения реальных кристаллов. Анализ взаимосвязи между структурой, условиями образования кристаллических материалов..

### **Критерии выставления экзаменационной оценки**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Прототипирование наноструктур для синхротронных исследований» осуществляется в форме экзамена (3 семестр). До экзамена допускаются студенты, положительно проявившие себя на лабораторных занятиях.

Оценка «отлично» выставляется студенту, показавшему высокий уровень владения материалом и на отлично выполнившему лабораторные задания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему хороший уровень владения материалом и на хорошо выполнившему лабораторные задания.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, показавшему достаточный уровень владения материалом и выполнившему лабораторные задания.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, не проявившему достаточных знаний теоретического материала или не выполнившему лабораторные задания.

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

Текущая аттестация осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Для дисциплины используются следующие оценочные средства:

1. собеседование (ПР-5)

**Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов)**

Собеседование (ПР-5) - 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..

Собеседование проводится в рамках каждого практического занятия по тематике занятия.

Ответы должны отличаться достаточным объемом знаний, глубиной и полнотой раскрытия темы, логической последовательностью, четкостью выражения мыслей и обоснованностью выводов, характеризующих знание понятийно-терминологического аппарата, умение им пользоваться при ответе.

**Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	<p>Ответ показывает прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные и дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия.</p>	<p>100 – 86 Зачтено</p>
Базовый	<p>Ответ, обнаруживающий прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные вопросы, но не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия.</p>	<p>85-76 Зачтено</p>
Пороговый	<p>Ответ, свидетельствующий в основном о знании понятий изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия вопроса; знании основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Студент ответил на часть основных или дополнительных вопросов, заданных преподавателем по теме практического занятия.</p>	<p>75-61 Зачтено</p>
Уровень не достигнут	<p>Ответ, обнаруживающий незнание понятий изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием вопроса; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Студент не ответил на вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия, либо допустил множество ошибок в ответе.</p>	<p>60-0 Не зачтено</p>

Лабораторная работа (ПР-5) - средство для закрепления и практического освоения материала по определенной теме/разделу.

Приступая к выполнению лабораторной работы, прежде всего, студенту необходимо подробно изучить ход выполнения работы по теме лабораторного занятия, соответствующую литературу, требования к содержанию и структуре задания. Студент должен определить и усвоить ключевые понятия и представления. В случае возникновения трудностей студент должен и может обратиться за консультацией к преподавателю.

Выполнение лабораторной работы направлено на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений и навыков. Приступая к выполнению лабораторной работы, прежде всего, студенту необходимо подробно изучить вопросы практических занятий, соответствующую литературу, требования к содержанию и структуре задания. Студент должен определить и усвоить ключевые понятия и представления. В случае возникновения трудностей студент должен и может обратиться за консультацией к преподавателю.

Критерием оценки выполнения лабораторной работы является умение студента синтезировать, анализировать, обобщать фактический материал с формулированием конкретного результата. Оценивается творческий уровень, позволяющий диагностировать умения, интегрировать знания, аргументировать выводы, полнота выполненных заданий, качество полученных научных результатов, качество обработки графических результатов, качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов.

### ***Критерии оценки:***

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Студент выполнил лабораторную работу, грамотно решил поставленную задачу с представлением результата. Продемонстрировано знание и владение навыками самостоятельной работы по заданной теме,	100-86 Зачтено

	технологиями, методами и приемами анализа ситуации. Требования к содержанию и структуре отчета полностью соблюдены.	
Базовый	Студент выполнил лабораторную работу, решил поставленную задачу с представлением результата. Продемонстрировано владение навыком самостоятельной работы по заданной теме, методами анализа ситуации. В целом соблюдаются требования, предъявляемые к содержанию и структуре отчета. Допущено не более 2 ошибок или неточностей при выполнении работы.	85-76 Зачтено
Пороговый	Студент выполнил лабораторную работу, но обнаружил фрагментарные, поверхностные знания темы; испытывает затруднения с использованием ключевых понятий, выполнением задания в целом. В целом соблюдаются требования, предъявляемые к содержанию и структуре отчета. Допущено не более 5 ошибок или неточностей при выполнении лабораторной работы.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Студент частично выполнил лабораторную работу, обнаружил незнание темы и ключевых понятий. Не соблюдены требования к содержанию и структуре отчета. Допущено более 5 ошибок или неточностей при выполнении лабораторной работы.	60-0 Не зачтено

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций Критерии оценки контрольных работ

Оценка	Требования
<b>«Отлично»</b>	Задание выполнено полностью, ответы составлены грамотно, уравнены схемы реакций, указаны условия. Материал понят, осознан и усвоен.
<b>«Хорошо»</b>	Задание выполнено полностью, ответы составлены грамотно, уравнены схемы реакций, указаны условия. Однако, в ответах присутствуют неточности, которые исправляются после уточняющих вопросов. Материал понят, осознан и усвоен.
<b>«Удовлетворительно»</b>	Задание выполнено полностью, ответы составлены грамотно, уравнены схемы реакций, указаны условия. Однако, в ответах присутствуют неточности, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов. Материал понят, осознан, но усвоен недостаточно полно.
<b>«Неудовлетворительно»</b>	Программа не выполнена полностью. Ответы на вопросы не полные и неграмотные. Материал не понят, не осознан и не усвоен. Работа не выполнена.