

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической  
физики им. академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:  
\_\_\_\_\_ Хробостов А.Е.

“10” июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.17 Кристаллография**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 72/2  
часов/з.с

Промежуточная аттестация зачет

Разработчик: Грачев В.А., к.т.н., доцент

Нижний Новгород

2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 930 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 15 июня 2021 г. № 7.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 31 мая 2021 г. № 25.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 10 июня 2021 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-о-38.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Кабанина Н.И.  
(подпись)

## Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	3
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины .....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>22</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	22
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	23
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	25
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>25</b>
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	25
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем .....	26
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>26</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>27</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>28</b>
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	28
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....	29
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ .....	29
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....	29
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	29
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>30</b>
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ .....	30
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена .....	30
11.3. Типовые задания для текущего контроля .....	33

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются** формирование необходимых компетенций для анализа атомно-молекулярного строения кристаллического вещества и описания общих закономерностей связи физических свойств кристаллов и им подобных материалов с их симметрией, а так же овладение навыками определения формы кристаллов и метрических параметров кристаллической решетки.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

– формирование общих представлений о закономерностях строения кристаллических веществ, типами кристаллических решеток, методами определения структуры, формы и описания кристаллических многогранников;

– изучение основных закономерностей, связанных с симметрией кристаллических и им подобных веществ;

– получение практических навыков в области аналитического описания кристаллических веществ, графического изображения кристаллов и их элементов симметрии в виде проекций.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Кристаллография» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Дискретная математика», «Физика» в объеме программы бакалавриата.

Дисциплина «Кристаллография» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Физическая и квантовая оптика» (Б1.В.ОД.7), «Электроника» (Б1.В.ОД.5), «Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства» (Б1.В.ДВ.1.1).

Дисциплина «Кристаллография» является основополагающей для прохождения следующих видов практик: Технологическая (проектно-технологическая) (Б2.П.2), научно-исследовательская работа (Б2.П.3).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование** следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ПКС-10 Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-10</b>								
<i>Кристаллография</i>								
<i>Введение в специальность</i>								
<i>Физическая и квантовая оптика</i>								
<i>Технологическая (проектно-технологическая) практика</i>								
<i>Научно-исследовательская работа</i>								
<i>Выполнение и защита ВКР</i>								

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения оп

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-10. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач	ИПКС-10.3. Осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований	<b>Знать:</b> - основные типы кристаллических структур	<b>Уметь:</b> - вести аналитическое описание пространственной решетки	<b>Владеть:</b> - самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами кристаллографии	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-10.4. Выбирает методики и средства решения поставленных задач.	<b>Знать:</b> - основные принципы описания и методы изучения кристаллических структур	<b>Уметь:</b> - определять и анализировать симметрию кристаллических структур	<b>Владеть:</b> - опытом практического определения кристаллографических структур по внешнему облику кристалла; - представлениями об области применения и круге задач, решаемых с помощью методов исследования кристаллического вещества	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		1 сем	2 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>		очная	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72</b>	<b>72</b>	
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	
занятия лекционного типа (Л)	17	17	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17	
лабораторные работы (ЛР)			
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	34	34	
Подготовка к зачету (контроль)			

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
1 семестр								
ПКС-10 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Раздел 1. Аналитическое описание кристаллического пространства						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос.  При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует	Конспект лекций
	Тема 1.1. Понятие кристаллического состояния. Важнейшие свойства кристаллов. Структура кристалла. Пространственная кристаллическая решетка. Элементарная ячейка.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.2.1]		
	Тема 1.2. Кристаллографическое индизирование. Индексы узлов решетки, узловых рядов и узловых плоскостей. Понятие кристаллографической зоны. Уравнение зоны.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 1.3. Закон постоянства углов. Формула Вульфа-Брэгга. Закон целых чисел.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие 1. Кристаллографические системы координат, символы узлов, узловых рядов и плоскостей.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				10,0			



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	реферат, эссе (тема)						первоначальные умения.  В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.	
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	3,00	--	2,0	10,00			
ПКС-10 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Раздел 2. Кристаллографические проекции						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос.  При изучении нового материала-слайд показ. Это создаст единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым	Конспект лекций
	Тема 2.1. Понятие кристаллического и полярного комплексов.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Тема 2.2. Сферическая проекция. Стереографическая проекция. Гномоническая проекция. Гномостереографическая проекция.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Практическое занятие 2. Проецирование кристаллов и их элементов симметрии			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.4]		
	Тема 2.3. Сетка Вульфа и приемы работы с ней.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Практическое занятие 3. Решение типовых задач с помощью градусных сеток			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по				7			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
	освоению 2 раздела:								теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.  В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.
	реферат, эссе (тема)								
расчётно-графическая работа (РГР)									
контрольная работа									
	Итого по 2 разделу	2,00	--	4,00	7,00				
ПКС-10 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Раздел 3. Симметрия кристаллов						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос.  При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией	Конспект лекций	
	Тема 3.1. Определение симметрии. Симметрические преобразования.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2]			
	Тема 3.2. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Ось симметрии, плоскость зеркального отражения, центр инверсии. Зеркальноповоротные и инверсионные оси. Обозначения элементов симметрии.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]			
	Тема 3.3. Основные положения теории групп. Матричные пред-	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	ставления преобразований симметрии.						умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.  В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.	
	Практическое занятие 4. Основные положения теории групп. Матричный метод описания операций симметрии			3,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]		
	Тема 3.4. Сочетание элементов симметрии (основные теоремы).	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.2.2]		
	Практическое занятие 5. Операции и элементы точечной симметрии			3,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.4]		
	Тема 3.5. Кристаллографические категории, сингонии и системы координат.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.2.3]		
	Тема 3.6. Теоремы к выбору кристаллографических осей. Установка кристаллов.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Тема 3.7. Точечные группы (классы) симметрии. Вывод и описание 32 точечных кристаллографических групп.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Практическое занятие 6. Точечные группы симметрии			3,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				10,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	10,00	--	9,00	10,00			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
ПКС-10 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Раздел 4. Симметрия кристаллических структур						1. Диагностический безопеночный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос.  При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.  В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание	Конспект лекций
	Тема 4.1. Решетки Бравэ.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Тема 4.2. Элементы симметрии кристаллических структур: плоскости скользящего отражения, винтовые оси. Теоремы о сочетании операций симметрии структур.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Практическое занятие 7. Операции пространственной симметрии кристаллических структур			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.4]		
	Тема 4.3. Пространственные группы симметрии.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Тема 4.4. Обратная решетка и применение ее к решению задач кристаллографии.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				7,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	2,00	--	2,00	7,00			

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
							альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.	
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	--	17	34			
	ИТОГО по дисциплине	17	--	17	34			

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам практических и лекционных занятий.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета в 1 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели)

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается в виде оценки «зачет»/«незачет».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-10. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач	ИПКС-10.3. Осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований	Не знаком с основными типами кристаллических структур. Не умеет вести аналитическое описание пространственной решетки. Не может самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами кристаллографии.	Слабо знаком с основными типами кристаллических структур. Испытывает трудности при аналитическом описании пространственной решетки, допускает ошибки. Испытывает сложности при самостоятельном изучении и понимании специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами кристаллографии.	Знаком с основными типами кристаллических структур. Способен вести аналитическое описание пространственной решетки, но допускает ошибки. Может самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами кристаллографии.	Хорошо знаком с основными типами кристаллических структур. Умеет вести аналитическое описание пространственной решетки. Может самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами кристаллографии.
	ИПКС-10.4. Выбирает методики и средства решения поставленных задач	Не знает основные принципы описания и методы изучения кристаллических структур. Не умеет определять и анализировать симметрию кристаллических структур. Не владеет опытом практического определения кристаллографических структур по внешнему облику кристалла. Не представляет области применения и круг задач, решаемых с помощью методов исследования кристаллического вещества	Слабо знает основные принципы описания и методы изучения кристаллических структур. С трудом определяет и анализирует симметрию кристаллических структур. Владеет опытом практического определения кристаллографических структур по внешнему облику кристалла, допускает ошибки. Слабо представляет области применения и круг задач, решаемых с помощью методов исследования кристаллического вещества	Знает основные принципы описания и методы изучения кристаллических структур. Умеет определять и анализировать симметрию кристаллических структур, редко допускает ошибки (способен исправить с помощью наводящих вопросов). Владеет опытом практического определения кристаллографических структур по внешнему облику кристалла. Представляет области применения и круг задач, решаемых с помощью методов исследования кристаллического вещества	Хорошо знает основные принципы описания и методы изучения кристаллических структур. Умеет определять и анализировать симметрию кристаллических структур. Владеет опытом практического определения кристаллографических структур по внешнему облику кристалла. Представляет области применения и круг задач, решаемых с помощью методов исследования кристаллического вещества

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров библиотеке
6.1.1.	<b>Грачев, В.А.</b> Применение кристаллических веществ в микроволновых электродинамике и фотонике: Учеб. пособие / В.А. Грачев [и др.]; под ред. В.А. Грачева; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2019. – 95 с.	70
6.1.2.	<b>Беляев, С.В.</b> Основы кристаллографии и минералогии: Учеб.пособие / С.В. Беляев, В.Н. Дубинский. - Н.Новгород : Изд-во НГТУ, 2007. - 77 с.	25
6.1.3.	<b>Чупрунов, Е.В.</b> Основы кристаллографии: Учебник для вузов. / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фаддеев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, – 500с.	20
6.1.4.	<b>Головачев, В.П.</b> Задачи по кристаллографии: Учеб.пособие для вузов / В.П. Головачев [и др.] ; Под ред. Е.В. Чупрунова, А.Ф. Хохлова. - М. : Физматлит, 2003. – 208 с.	13



## 6.2. Справочно-библиографическая литература

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров библиотеке
6.2.1.	<b>Портнов, В.Н.</b> Возникновение и рост кристаллов: Учебник / В.Н. Портнов, Е.В. Чупрунов. – М. : Физматлит, 2006. – 328 с.	10
6.2.2.	<b>Чупрунов, Е.В.</b> Симметрия и псевдосимметрия кристаллов / Е.В. Чупрунов. - Н.Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 659 с.	1
6.2.3.	<b>Розин, К.М.</b> Кристаллофизика : Учеб.пособие / К.М. Розин, В.С. Петраков. - М. : Учеба, 2006. - 249 с.	1

## 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Кристаллография» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Кристаллография».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Кристаллография»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Кристаллография»

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

**7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.

6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.

7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтез

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
		затвор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Кристаллография», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы

успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия в форме семинаров представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является выступление (доклад) с последующим обсуждением наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;

- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

#### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

### **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- проведение теоретических опросов;
- решение обучающимися задач.

#### **11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета**

1. Что изучает кристаллография? В чем заключаются основные задачи кристаллографии? Какие науки базируются на учении о кристаллах?
2. Какие тела называют кристаллами.
3. Какова связь между симметрией воздействия, физических свойств и структуры кристалла? Чем обусловлена геометрически правильная форма кристаллических многогранников?
4. В чем заключаются важнейшие свойства кристаллов – однородность, анизотропность и симметрия?
5. Как математически определяется кристаллическое состояние вещества?
6. Дать общее определение симметрии. Примеры.
7. Какова связь симметрии кристаллов и пространственной решеткой?
8. Что такое «трансляция»? Как строится плоская сетка?
9. Как получить пространственную решетку? Ее свойства.
10. Перечислить типы плоских сеток. Правила выбора элементарной ячейки.
11. Каков принцип выбора плоской и пространственной ячеек?
12. Как вводятся и обозначаются индексы узлов решетки, узловых рядов и плоскостей. Что называют кристаллографической зоной?
13. В чем заключается закон постоянства углов?
14. Сформулировать «закон целых чисел»?

15. В чем заключается метод кристаллографического индирования?
16. Какие кристаллографические проекции вам известны?
17. Каков принцип построения стереографической проекции кристалла?
18. Принцип построения гномостереографической проекции кристалла?
19. Принцип построения гномической проекции кристалла?
20. Что такое сетка Вульфа. Опишите методику работы с сеткой.
21. Какие элементы симметрии кристаллов вам известны?
22. Что такое зеркально-поворотные и инверсионные оси?
23. Какие существуют теоремы о сочетании элементов симметрии? Сколько их?
24. Какие операции симметрии называются точечными?
25. Что такое группа симметрии? Сформулируйте основные положения теории групп.
26. Как используется матричный метод для описания сочетания различных операций симметрии?
27. Каков принцип разбиения кристаллов на категории: высшую, среднюю и низшую?
28. Как выбирается кристаллографическая система координат с учетом категорий и формы элементарной кристаллической ячейки?
29. Что такое «сингония»? Каков принцип объединения кристаллов в сингонии?
30. Классы симметрии. Принцип вывода 32 точечных групп симметрии.
31. Простые формы кристаллов и принцип их образования.
32. Каковы элементы симметрии структуры кристаллов?
33. Как выбираются плоские ячейки Бравэ?
34. Как строятся пространственные решетки Бравэ?
35. Для чего вводят понятие обратной решетки. В чем оно заключается?
36. Основные свойства и физический смысл обратной решетки.

## 11.2. Типовые задания для промежуточной аттестации в форме зачета

1. Найти матричное представление и порядок группы симметрии низкотемпературной модификации кварца  $\text{SiO}_2$ .
2. Найти матричное представление и порядок точечной группы симметрии дигидрофосфата калия (КДР) для стандартного выбора кристаллографических осей координат.
3. Записать международными символами и символами Шенфлиса следующие классы симметрии:
  - а)  $L_3 3P, L_4 4L_2, L_6 6L_2 7PC$
  - б)  $3L_2, 3L_2 3PC, L_2PC, L_4 4L_2 5PC$
4. Расшифровать международные обозначения и расположить на стереографической проекции следующие элементы симметрии:
  - а)  $2/m, 32, 23, 3m, m3, \bar{3} m$
  - б)  $D_{2h}, D_{3d}, D_{2d}, D_{4h}, C_{3h}, C_3, C_{4v}, T_d, T_h$ .
5. Используя матричное представление операций симметрии, доказать, что оси четвертого порядка (второго, шестого) и перпендикулярной к ней плоскости симметрии, дают центр симметрии.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИЯЭиТФ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

« \_\_\_\_\_ »  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} \_\_\_\_\_

Направленность: \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Семестр \_\_\_\_\_

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС  
\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.