

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
качеству образования – первый  
проректор



Загуров Т.А.

*подпись*

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.05.01 Кристаллофизика и кристаллохимия

Направление - 03.04.02. Физика

Профиль - Физика конденсированного состояния

Программа подготовки - академическая магистратура

Форма обучения - очная

Квалификация выпускника - магистр

Краснодар 2019

2

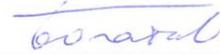
Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.05.01 «Кристаллофизика и кристаллохимия» разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02. «Физика конденсированного состояния», утвержденным приказом Минобрнауки России от 7 августа 2014 г. № 937.

Программу составил П.И. Быковский,  
доцент кафедры физики и информационных систем



Рабочая программа дисциплины Кристаллофизика и кристаллохимия утверждена на заседании кафедры физики и информационных систем 25 апреля 2019 г, протокол № 20.

Заведующий кафедрой (разработчик) Богатов Н.М.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий 21 мая 2019 г, протокол № 9.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Исаев В.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

Председатель УМК ФТФ Богатов Н.М.



Рецензент: Половодов Ю.А., кандидат педагогических наук,  
генеральный директор ООО "КПК".

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

### 1.1 Цель освоения дисциплины.

Модернизация и развитие курсов физики связаны с возрастающей ролью фундаментальных наук в подготовке бакалавров и магистров. Внедрение высоких технологий в инженерную практику предполагает основательное знакомство как с классическими, так и с новейшими методами и результатами физических исследований.

Целями изучения курса *Кристаллофизики и кристаллохимии* являются:

- ознакомление студентов с особенностями строения кристаллических и аморфных твёрдых тел;
- изучение взаимосвязи состава, структуры и физических свойств кристаллов.

### 1.2 Задачи дисциплины.

Задачами изучения курса *Кристаллофизики и кристаллохимии* являются:

- изучение естественной и искусственной анизотропии конденсированных сред;
- освоение приборной базы для исследования физических свойств кристаллов и измерения их физических параметров.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 «Кристаллофизика и кристаллохимия» относится к разряду дисциплин по выбору для магистрантов 1-го года обучения.

Для успешного освоения курса необходимы знания основ общей физики и прежде всего разделов, посвящённых изучению физических свойств различных материалов.

В свою очередь, знание законов кристаллофизики и кристаллохимии способствуют более глубокому пониманию таких специальных дисциплин, как физика полупроводников, спектроскопия кристаллов, материаловедение, физика конденсированного состояния вещества, методы выращивания монокристаллов, физика лазеров и др.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональной (ОПК-4) и профессиональной компетенций (ПК-2):

№ п. п.	Инд. компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-4	Способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности.	способы адаптации к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности.	адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности.	навыками адаптации к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности и социальных условий деятельности.
2.	ПК-2	Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми	знать и свободно владеть разделами физики, необходимыми	применять результаты научных исследований в	навыками применения результатов научных исследований в

№ п. п.	Инд. компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.	для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.	инновационной деятельности.	инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины «Кристаллофизика и кристаллохимия» обучающийся должен:

- знать основные закономерности формирования твердотельных материалов с заданными свойствами;
- понимать взаимосвязь состава, структуры и физических свойств кристаллов и влияние на них различных физических воздействий и полей;
- уметь применять физические модели и законы для решения прикладных задач;
- владеть методами физики при решении современных и перспективных технологических задач, навыками рентгенометрического и кристаллооптического исследования материалов.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часов), их распределение по семестрам и видам работ представлено в таблице:

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		1	2		
<b>Контактная работа (всего):</b>	<b>52,6</b>	<b>28,3</b>	<b>24,3</b>		
в том числе:					
Занятия лекционного типа	26	14	12		
Лабораторные занятия	26	14	12		
Иная контактная работа	0,6	0,3	0,3		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>110</b>	<b>53</b>	<b>57</b>		
В том числе:					
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	60	30	30		
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	33	13	20		
<i>Подготовка к текущему контролю</i>	17	10	7		
<b>Контроль (подготовка к экзамену)</b>	<b>53,4</b>	<b>26,7</b>	<b>26,7</b>		
<b>Общая трудоёмкость</b>	час.	216	108	108	
	в том числе контактная работа	52,6	28,3	24,3	
	зач. ед	6	3	3	

## 2.2 Структура дисциплины.

Дисциплина «Кристаллофизика и кристаллохимия» включает следующие разделы:

1. Структура и физические свойства идеальных кристаллов.
2. Дефекты реальных кристаллов.
3. Искусственная анизотропия конденсированных сред.
4. Основные методы исследования физических свойств материалов.

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины и по семестрам:

### *Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре:*

№ разд	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	Конт-роль	ЛР	
1.	Структура и физические свойства идеальных кристаллов.	54	8	15	8	23
2.	Дефекты реальных кристаллов.	53,7	6	11,7	6	30
<i>Итого:</i>		107,7	14	26,7	14	53

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СР – самостоятельная работа студента.

### *Разделы дисциплины, изучаемые в 10 семестре:*

№ разд	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	Конт-роль	ЛР	
3.	Искусственная анизотропия конденсированных сред.5	54	6	15	6	27
4.	Основные методы исследования физических свойств материалов.	53,7	6	11,7	6	30
<i>Итого:</i>		107,7	12	26,7	12	57

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Кол-во час.
1.	Структура и физические свойства идеальных	<i>Введение:</i> Кристаллофизика, её место среди других физических наук. Взаимосвязь состава, структуры и физических свойств твёрдых тел.	Выполнение домашних	8

кристаллов и конденсированных сред.	<p><i>Точечные группы симметрии:</i> кристаллографические и предельные. Принципы симметрии. Указательные поверхности.</p> <p>Трансляция и пространственные группы симметрии.</p> <p><i>Кристаллооптика.</i> Закон Френеля для скоростей света в кристалле. Волновая поверхность и оптическая индикатриса. Интерференция поляризованных лучей. Метод коноскопии Z-срезов. Коническая рефракция: внутренняя и внешняя. Гиротропия – вращение плоскости поляризации. Гипотеза и бипризма Френеля, поясняющие суть гиротропии.</p> <p>Классификация “свободных” конденсированных сред по их физическим свойствам: изотропные среды; оптически активные, одно- и двуосные; сегнетоэлектрики и ферромагнетики.</p>	заданий и контрол. работ;	
2. Дефекты реальных кристаллов.	<p>Типы дефектов в реальных кристаллах: точечные, линейные, объёмные. Плотнейшие упаковки. Ионные и ковалентные радиусы. Пределы устойчивости структур. Условия изоморфного замещения. Локальная симметрия точечных дефектов (примесных центров). Неоднородности состава. Остаточные деформации.</p>	Блиц-опросы	6
3. Искусственная анизотропия конденсированных сред.	<p>Классификация кристаллов по их физическим свойствам и эффектам: пиро-, сегнето- и пьезоэлектрики. Электро-, пьезо- и акустооптические эффекты. Эффекты квадратичные и линейные.</p> <p>Нелинейная кристаллооптика. Условие волнового синхронизма (на примере волновой поверхности).</p> <p>Жидкие кристаллы: строение, свойства, применения. Модуляторы и дефлекторы оптического излучения.</p>	Выполнение домашних заданий и контрол. работ.	6
4. Основные методы исследования физических свойств материалов.	<p><i>Оптические:</i> определение показателя преломления; коноскопия Z-срезов: определение осности и знака кристаллов; исследования оптической активности; лазерная спектроскопия.</p> <p><i>Рентгеновские</i> методы исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рентгеноструктурный анализ (РСтА),</li> <li>- рентгеноспектральный анализ (РСпА),</li> <li>- рентгенофазовый анализ (РФА).</li> </ul> <p>Рентгеновский микроанализатор.</p>	Выполнение домашних заданий и контрол. работ; блиц-опрос.	6
Итого:			26

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятия семинарского типа по данному курсу не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№ разд	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля	Кол-во часов
--------	----------------------	---------------------------------	-------------------------	--------------

1	Структура и физические свойства идеальных кристаллов	Симметрия кристаллических многогранников. Геометрия пространственной решётки.	Отчет по лабораторной работе	8
2	Дефекты реальных кристаллов.	Особенности плотнейших упаковок. Определение локальной симметрия точечных дефектов (примесных центров).		6
3	Искусственная анизотропия конденсированных сред	Предельные группы и принципы симметрии. Определение параметров и типа решётки Браве.	Отчет по лабораторной работе	6
4	Основные методы исследования физических свойств кристаллов	Поляризационный микроскоп МИН-8: устройство и методика измерений. Определение показателя преломления, осности, знака кристалла и удельного вращения плоскости поляризации. Расчёт рентгенограммы поликристалла заданной структуры.	Отчет по лабораторной работе	6
Итого:				26

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	-Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебное пособие, 2014 г.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278304">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278304</a> - М.П.Шаскольская. Кристаллография. Учебное пособие для втузов. М., «Высшая школа». 2015 г. - Ю.К. Егоров-Тисменко. Кристаллография и кристаллохимия. М., Книжный дом “Университет”, 2014. - Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М., Наука. 1975 г.
2	Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	- М.П.Шаскольская. Кристаллография. Учебное пособие для втузов. М., «Высшая школа». 2015 г. - Интернет ресурсы. - Ю.К. Егоров-Тисменко. Кристаллография и кристаллохимия. М., Книжный дои “Университет”, 2014. - Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М., Наука. 1975 г.

3	Подготовка к текущему контролю	- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ. Описания лабораторных работ.
4	Подготовка к промежуточной аттестации	- М.П. Шаскольская. Кристаллография. Учебное пособие для вузов. М., «Высшая школа». 2015 г.
5	Подготовка к итоговой аттестации	-Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебное пособие, 2014 г.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278304">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278304</a> - М.П. Шаскольская. Кристаллография. Учебное пособие для вузов. М., «Высшая школа». 2015 г. - Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М., Наука.1975 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии.**

При реализации учебной работы по освоению “Кристаллофизики и кристаллохимии” используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Темы семинарских занятий в формате “круглого стола” согласуются с тематикой магистерских и курсовых работ студентов. При этом, кроме своих докладов, магистранты пишут отзывы на рефераты (доклады) своих коллег. Таким образом расширяется круг вопросов, изучаемых самостоятельно, что способствует формированию профессиональных компетенций магистра – физика.

Большая часть лекций проводится с использованием доски, проектора, таблиц, плакатов и демонстрационного эксперимента. 30% общего контактного времени (52 часа) проводятся в интерактивной форме (16 часов):

#### ***Интерактивные технологии, используемые при изучении дисциплины:***

Семестр	Вид занятия: Л, ПЗ	Используемые интерактивные образовательные технологии	Кол-во час.
9	Л	Лекция с элементами педагогической эвристики, лекция-консультация.	3

	ПЗ	Беседы, разбор ситуаций, работа в малых группах. Диспуты в процессе лабораторных и практических занятий.	5
10	Л	Лекция с элементами педагогической эвристики, лекция-консультация.	3
	ПЗ	Беседы, разбор ситуаций, работа в малых группах. Диспуты в процессе семинарских и лабораторных занятий.	5
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

Занятия лабораторного практикума проводятся в специализированной лаборатории.

*Самостоятельная работа* по дисциплине включает:

- самоподготовку к учебным занятиям по конспектам, описаниям лабораторных работ, учебной литературе, интернет ресурсам;
- выполнение домашних заданий (решение типовых задач и выполнение творческих заданий).

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

*Формы аттестаций:*

- анализ результатов домашних и контрольных работ;
- обсуждение результатов выполнения и защита лабораторных работ;
- зачёт в конце 9-го семестра;
- экзамен в конце 10-го семестра.

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

Текущий контроль успеваемости ведётся по результатам выполнения домашних заданий и лабораторных работ.

В конце каждого раздела проводится так называемый “блиц-опрос”, когда студенты тут же, после номера заданного вопроса, пишут формулы и (или) определения, решают “короткие” задачи.

*Темы лабораторных работ:*

1. Симметрия кристаллических многогранников.
2. Геометрия пространственной решётки.
3. Предельные группы и принципы симметрии.
4. Индексирование дифрактограмм и определение постоянной решётки кристаллов высшей категории.
5. Индексирование дифрактограмм кристаллов средних категорий.
6. Расчёт рентгенограммы поликристалла заданной структуры.
7. Оптические методы исследования кристаллических срезов:
  - определение осности и знака кристаллов,
  - определение удельного вращения плоскости поляризации в кварце.

*Задания для самостоятельной работы студентов.*

1. Закономерности плотнейших упаковок шаров.
2. Пределы устойчивости структур.
3. Основы рентгенофазового анализа.
4. Особенности строения и свойства жидких кристаллов.

## 5. Оптические методы исследования механических напряжений.

*Пример теста:*

Вопрос	Варианты ответов			
	1	2	3	4
Класс (группа) симметрии 4-хгранной пирамиды	4mm	m3m	4/m	23
Класс симметрии октаэдра	4mm	m3m	4/m	23
К какой категории относится трёхгранная призма?	высшая	низшая	средняя	не существует
Определите индексы Миллера плоскости, если $(x,y,z)=(2, \frac{1}{2}, 1)$ .	(142).	(421)	(412)	(124)
Определите координаты плоскости с индексами Миллера (432).	$(\frac{1}{2}, 1/3, 1/4)$	$(1/3, 1/6, 1/4)$	$(1/4, 1/3, 1/2)$ .	$(1/3, 1/4, 1/6)$

**Формы и содержание аттестаций.***Формы аттестаций:*

- Анализ результатов домашних и контрольных работ.  
Обсуждение результатов выполнения и защита лабораторных работ.  
Экзамены в конце каждого семестра.

*Примеры контрольных вопросов:*

1. Элементы симметрии точечных и пространственных групп.
2. Принципы симметрии в кристаллофизике.
3. Пределы устойчивости структур. Сегнетоэлектрики и ферромагнетики.
4. Формула Вульфа – Брэггов. Закон Френеля для скоростей света в кристалле.
5. Суть метода коноскопии.
6. Эффекты Погкельса и Керра.
7. Условие волнового синхронизма.

**4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

По дисциплине «Кристаллофизика и кристаллохимия» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачёт в 9 семестре очной формы обучения.

*Пример бланка блиц-опроса:*

Студент(ка) \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

1. Дать краткие определения следующим понятиям:

- симметрия \_\_\_\_\_

- центр инверсии \_\_\_\_\_

- структурный тип \_\_\_\_\_

2. Установить

кристаллы

классов **23**и **3m**

3. Доказать наличие (отсутствие) пьезоэлектрического эффекта у кристаллов класса
- 2/m**
- и
- 32**
- .

4. Заполнить таблицу, поставив + или – там, где надо.

<i>Физическое Класс кристалла</i> ↓	<i>свойств во →</i>	<i>Пьезо- электрич. эффект</i>	<i>Гиро- тропия (вращен. пл. пол.)</i>	<i>Одно- осный кристалл</i>	<i>Дву- осный кристалл</i>	<i>Пиро- электрич. эффект</i>
422						
mmm						
3						
32						
62m						

5. Каким матрицам соответствуют операции симметрии  $4_x$  и  $3_z$ ?

$4_x =$

$3_z =$

6. Уравнение Вульфа – Бреггов (условие максимума при дифракции X-лучей):

**Вопросы к экзамену по КРИСТАЛЛОФИЗИКЕ и КРИСТАЛЛОХИМИИ.**

*Физическая кристаллография:*

1. Предельные группы.
2. Принципы симметрии.
3. Указательные поверхности (пример).
4. Классификация кристаллов по их физическим свойствам. Пиро- и сегнетоэлектрики.
5. Классификация кристаллов по их физическим свойствам. Пьезоэлектрики.

*Естественная оптическая анизотропия:*

6. Закон Френеля для скоростей света в кристалле. Двухлучепреломление.
7. Волновая поверхность.
8. Оптическая индикатриса.
9. Гиротропия и вращательная дисперсия. Закон Био.
10. Классификация кристаллов по их оптическим свойствам. Классы гиротропных кристаллов.
11. Классификация кристаллов по их оптическим свойствам. Классы одно- и двуосных кристаллов.
12. Интерференция поляризованных лучей (хроматическая поляризация).
13. Коноскопия Z-срезов.
14. Оптические методы исследования кристаллов.

*Искусственная оптическая анизотропия конденсированных сред:*

15. Пьезо- и электрооптические эффекты и их применения.
16. Акустооптический эффект и его применение.
17. Магнитооптические эффекты и их применения.
18. Модуляторы и дефлекторы оптического излучения.

*Нелинейная кристаллооптика:*

19. Линейная и нелинейная оптика.
20. Нелинейная поляризация среды.
21. Нелинейные оптические эффекты: самофокусировка.
22. Нелинейные оптические эффекты: генерация второй гармоники.
23. Нелинейные оптические эффекты: вынужденное комбинационное рассеяние.
24. Условия волнового синхронизма (на примере волновых поверхностей).

*Рентгенометрия кристаллов:*

25. Природа и свойства рентгеновского излучения (X-излучения).
26. Дифракция X-лучей. Формула Вульфа-Бреггов.
27. Интенсивность X-лучей, рассеянных поликристаллом.
28. Основные рентгеновские методы анализа и их возможности: - рентгеноструктурный анализ.

*Пример карточки-теста к лабораторной работе:*

1. Сколько элементов симметрии используется в геометрической кристаллографии?

*Варианты ответов:* 1. – **9**; 2. – **32**; 3. – **10**.

2. Какой набор элементов симметрии соответствует классу  $C_{3v}$ ?

*Варианты ответов:* 1. –  $L_3, 3L_2$ ; 2 –  $3P, L_3$ ; 3 –  $3L_3, P$ .

3. Какой набор элементов симметрии соответствует классу  $3m$ ?

*Варианты ответов:* 1. –  $L_3, 3L_2$ ; 2 –  $3P, L_3$ ; 3 –  $3L_3, P$ .

#### **Образец экзаменационного билета**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**Кубанский государственный университет**

Кафедра теоретической физики и компьютерных технологий

2017-2018 уч.год

Дисциплина «**Кристаллофизика и кристаллохимия**»

#### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1**

1. Элементы симметрии кристаллических многогранников.
2. Волновая поверхность.
3. Какими физическими свойствами может обладать кристалл рубина, если его класс симметрии  $3m$ ?

Зав. кафедрой теоретической физики

и компьютерных технологий

проф. Исаев В.А.

#### **4.2.1 Критерии оценки при промежуточной аттестации.**

##### *Критерии оценки знаний студентов на экзамене.*

Оценки «**отлично**» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценки «**хорошо**» заслуживает студент обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки «**удовлетворительно**» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении

экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

#### 4.2.2 Вопросы к итоговому экзамену по КРИСТАЛЛОФИЗИКЕ (2-я часть).

*Искусственная оптическая анизотропия конденсированных сред:*

1. Пьезо- и электрооптические эффекты и их применения.
2. Акустооптический эффект и его применение.
3. Магнитооптические эффекты и их применения.
4. Модуляторы и дефлекторы оптического излучения.

*Нелинейная кристаллооптика:*

5. Линейная и нелинейная оптика.
6. Нелинейная поляризация среды.
7. Нелинейные оптические эффекты: самофокусировка.
8. Нелинейные оптические эффекты: генерация второй гармоники.
9. Нелинейные оптические эффекты: вынужденное комбинационное рассеяние.
10. Условия волнового синхронизма (на примере волновых поверхностей).

*Рентгенометрия кристаллов:*

11. Природа и свойства рентгеновского излучения (X-излучения).
12. Дифракция X-лучей. Формула Вульфа-Бреггов.
13. Интенсивность X-лучей, рассеянных поликристаллом.
14. Основные рентгеновские методы анализа и их возможности:
  - рентгеноструктурный анализ,
  - рентгеноспектральный анализ,
  - рентгенофазовый анализ.

*Пример теста:*

В о п р о с	Варианты ответов			
Тип решётки Бравэ CsCl	C	P	I	F
Тип решётки Бравэ NaCl	C	P	I	F
Сколько формульных единиц в решётке типа “алмаза” ?	1,	4,	8,	12
В кристаллах какого класса возможен пьезоэффект?	4/m,	4mm,	mm,	2/m
В оптически положительном кристалле...	No>Ne, Vo>Ve, Vo=Ve			
В оптически отрицательном кристалле...	No>Ne, Vo>Ve, Vo=Ve			
Координационное число в структуре типа “меди” равно	1,	4,	8,	12

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебное пособие / Ю.М. Басалаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. - 403 с.: ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8353-1712-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278304>.

2. Пугачев, В.М. Кристаллохимия: учебное пособие / В.М. Пугачев. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013. - 104 с. - ISBN 978-5-8353-1322-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232461>.

3. Созинов С.А. Структурные методы исследования кристаллов: учебное пособие / С.А. Созинов, Л.В. Колесников. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012. - 108 с. - ISBN 978-5-8353-1284-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232740>.

4. Бойко С.В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия: учебное пособие / С.В. Бойко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. - 212 с.: табл., ил. - Библиогр.: с. 190-194. - ISBN 978-5-7638-3223-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435663>.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2007. — 632 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2673>.

2. Четверикова, А.Г. Кристаллография: учебное пособие / А.Г. Четверикова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012. - 104 с.: ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 85-87. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745>.

3. Ермолов, В.А. Геология. Ч.V. Кристаллография, минералогия и геология камнесамоцветного сырья [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Горная книга, 2009. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3232>.

4. М.П.Шаскольская. Кристаллография. Учебное пособие для втузов. М., «Высшая школа». 2015 г.

5. Л.Л.Мейснер. Учебное пособие по курсу «Кристаллография». Томск. 2010 г.

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

1. Программа моделирования структурных типов TOPOS.
2. [http:// escher.epfl.ch/eCrystallography/](http://escher.epfl.ch/eCrystallography/)
3. [http:// www.iucr.org/](http://www.iucr.org/)
4. [http:// database.iem.ac.ru/mincryst/rus/index/php](http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/index/php)
5. [www.geokniga.org/books/2904](http://www.geokniga.org/books/2904)
6. [http://ido.tsu.ru/tsu\\_res/res66/tema1.pdf](http://ido.tsu.ru/tsu_res/res66/tema1.pdf)

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Контроль полученных знаний осуществляется в процессе текущей аттестации в виде контрольных работ и блицопросов и промежуточной в форме экзамена (1-я часть). Подготовка к нему – это обобщение и укрепление знаний, их систематизация, устранение возникших в процессе учебы пробелов в овладении учебной дисциплиной. Готовясь к экзамену, студенты уточняют и дополняют многое из того, что на лекциях или при текущей самоподготовке не было в полном объеме усвоено. Кроме того, подготовка к экзамену укрепляет навыки самостоятельной работы, вырабатывает умение оперативно отыскивать нужный нормативный материал, необходимую книгу, расширяя кругозор и умение пользоваться библиотекой и ее фондами.

Очень важно, чтобы подготовка к экзамену начиналась с первого дня учебных занятий и велась в течение всего семестра планомерно, систематически. Преподаватели уже на первых лекциях и занятиях знакомят студентов с экзаменационными и зачетными требованиями, дают рекомендации по самостоятельной работе в течение семестра.

Но подготовка к экзамену не должна ограничиваться слушанием лекций и чтением конспектов. Студент, готовящийся по конспекту, вынужден заучивать краткие записи и формулировки, в связи с чем на экзаменах он, как правило, дает односложные ответы, не располагая достаточными данными для обоснования и развития ответа. Успех экзаменуемого зависит от повседневной работы в течение всего семестра на лекциях, лабораторных занятиях, консультациях, в библиотеке.

Экзамены проводятся в соответствии с учебной программой по данному предмету. Программа – обязательный руководящий документ, по которому можно определить объем требований, предъявляемых на экзаменах, а также систему изучаемого учебного материала. Студенты вправе пользоваться программой и в процессе самих экзаменов. Поэтому в ходе изучения предмета, подготовки к экзамену нужно тщательно ознакомиться с программой курса. Это позволит целенаправленно изучить материал, самостоятельно проверить полученные знания. При подготовке к экзамену следует побывать на групповых и индивидуальных консультациях, которые, являясь необходимым дополнением лекций, лабораторных занятий, помогают глубже усвоить наиболее сложные положения изучаемого курса, устранить пробелы в знаниях. Рекомендации преподавателя содействуют правильной организации самостоятельной работы, ознакомлению с новой литературой и нормативными источниками.

Экзамены ставят перед студентами задачу самостоятельно распорядиться полученными знаниями, облечь их в надлежащую форму, подготовить логически стройный и научно обоснованный ответ.

**8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения занятий по дисциплине *Кристаллофизика и кристаллохимия* имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория (201 С и др.), оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук, ...) и соответствующим программным обеспечением (ПО). специализированные демонстрационные стенды по разделам кристаллооптики (ком. 200 С и 320 С).
2.	Семинарские занятия	Семинарские занятия - <i>(не предусмотрены)</i>
3.	Лабораторные занятия	Спецлаборатория кристаллофизики (ком. 320 С), имеющая компьютерный класс, наглядные пособия по кристаллографии, программы моделирования и исследования кристаллических структур, поляризационный микроскоп МИН-8 и 5-осный столик Фёдорова.
4.	Курсовое проектирование	Курсовое проектирование - <i>(не предусмотрено)</i>
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории 320 С, кабинет 232 С.
6.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 320 С, кабинет 232 С.
7.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.