

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 15 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Кристаллохимия  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Химическая технология (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

#### Цель дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков по строению кристаллических веществ и установление взаимосвязи химического состава и физических свойств веществ с их кристаллической структурой, формирование естественнонаучного мировоззрения на основе закономерностей кристаллохимии.

#### Задачи дисциплины

- изучить строение кристаллических веществ и их физические свойства;
- уметь проводить структурные и фазовые исследования кристаллических веществ в профессиональной деятельности;
- владеть навыками проведения структурных и фазовых исследований кристаллических веществ.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

#### Объектами дисциплины являются

- кристаллические вещества, их строение, свойства, идентификация, фазовый и структурный анализ;
- реальные кристаллы с дефектами структуры;
- методы исследования внутреннего строения кристаллов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.7	ИД-1пк-2.7	Знает строение, свойства и методы исследования структуры кристаллических веществ, дефекты структуры реальных кристаллов	Знает основные физические теории, кристаллические структуры и их связи с природой вещества необходимые для решения возникающих физических задач в своей профессиональной области; принципы работы приборов и устройств.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.7	ИД-2пк-2.7	Умеет проводить структурные и фазовые исследования кристаллических веществ в профессиональной деятельности	Умеет применять знания о физических теориях, кристаллических структурах и их связи с природой вещества и самостоятельно приобретать их для решения возникающих задач.	Контрольная работа
ПК-2.7	ИД-3пк-2.7	Владеет навыками проведения структурных исследований и применения кристаллических веществ и материалов на их основе	Владеет навыками использования для решения возникающих задач основных физических теорий; приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств.	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	34	34	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Строение и свойства кристаллов.	8	16	10	24
<p>Кристаллическое, аморфное и стеклообразное состояние вещества. Признаки кристаллического и аморфного состояния. Монокристалл и поликристалл. Особенности стеклообразного состояния. Энергетика фазовых переходов аморфного вещества в кристаллическое состояние.</p> <p>Образование кристаллической решетки. Ребро, кристаллографическая плоскость. Элементарная ячейка. Кристаллографические оси координат. Параметры кристаллической решетки. Кристаллографические системы: сингонии. Типы решеток Браве: примитивные и сложные. Символы плоскостей и ребер. Индексы Миллера и Вейсса и их определение. Индицирование плоскостей. Связь между символами плоскостей и ребер кристалла.</p> <p>Геометрические характеристики структуры: координационное число, координационный полиэдр, число формульных единиц. Определение геометрических характеристик в разных типах кристаллических решеток и их связь с химическим составом кристалла.</p> <p>Типы химической связи в кристаллах.</p> <p>Классификация кристаллических структур на основе локализованных в них типов химической связи.</p> <p>Энергия кристаллической решетки в простых веществах и ее взаимосвязь с физическими свойствами кристаллов. Зонная теория кристаллических тел. Ширина запрещенной зоны.</p> <p>Электрические свойства кристаллов: проводники, полупроводники, диэлектрики.</p> <p>Орбитальные и эффективные (кристаллохимические) радиусы. Условия определения эффективных радиусов. Геометрические пределы устойчивости ионных структур. Правило Магнуса-Гольдшмидта.</p> <p>Плотность кристаллов и ее вычисление с учетом строения элементарной ячейки, эффективных радиусов, числа формульных единиц.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Дефектность структуры реальных кристаллов.	6	0	8	24
Классификация дефектов: точечные и протяженные дефекты. Классификация точечных дефектов: тепловые, примесные и дефекты нестехиометрии. Дефекты по Шоттки и Френкелю, антиструктурный дефект. Квазихимические реакции. Символика Крегера и Винка. Принципы составления кристаллохимических уравнений: принцип постоянства отношения количества разнотипных узлов кристаллической решетки, принцип действующих масс, принцип электронейтральности кристалла с дефектами. Эффективный заряд дефекта. Термодинамика тепловых дефектов: образования вакансий, ионизации вакансий, дефекта зона–зона. Влияние температуры на равновесие тепловых дефектов в простых полупроводниках. Собственная электрическая проводимость простого полупроводника. Неизбежность возникновения дефектов нестехиометрии в бинарном кристалле. Термодинамика дефектов нестехиометрии. Влияние температуры и давления на равновесие дефектов нестехиометрии. Изотермы дефектов нестехиометрии. Примесные дефекты. Образование примесью твердых растворов внедрения и замещения. Ионизация примеси. Донорные и акцепторные примеси. Изотермы примесных дефектов в простом полупроводнике с одной посторонней примесью. Отображение реакций дефектов на зонной диаграмме кристалла.				
Методы исследования строения кристаллов	4	18	0	24
Дифракционные методы: рентгенография, электронография, нейтронография. Получение рентгеновского излучения. Электронная рентгеновская трубка. Сплошное и характеристическое излучение и их спектры. Длина волны монохроматического излучения и ее зависимость от материала анода. Дифракция рентгеновского излучения на кристаллах. Уравнение Брэгга–Вульфа. Межплоскостное расстояние. Дифракция на монокристаллах и поликристаллах. Порошковая рентгенография. Получение картины дифракции. Рентгеновская камера Дебая. Дебаеграмма. Определение брэгговского угла. Относительная интенсивность дифракционных полос. Дифрактограмма. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Определение межплоскостных расстояний, относительной интенсивности дифракционных полос, индентирование дифрактограмм поликристаллов с кубической решеткой, определение параметра решетки. Картотека дифрактограмм «Порошковая дифракционная картотека объединенного Комитета порошковых дифракционных стандартов» (PDFJCPDS). Спектроскопические методы: инфракрасная и рентгеновская спектроскопия. Взаимодействие инфракрасного излучения с веществом. Колебательный спектр. Пропускание. Волновое число (частота). Нормальные колебания: валентные, деформационные. Симметричные и антисимметричные колебания. Вырожденные колебания. Характеристическая частота. Качественный и количественный фазовый анализ с использованием инфракрасной спектроскопии. Элементы термического анализа. Термогравиметрия</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	18	34	18	72
ИТОГО по дисциплине	18	34	18	72

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Символы плоскостей.
2	Символы ребер.
3	Типы решеток. Элементарные ячейки, координационное число, число формульных единиц.
4	Кристаллохимические радиусы.
5	Плотность кристаллов.
6	Кристаллохимические уравнения точечных дефектов.
7	Равновесие тепловых дефектов.
8	Равновесие дефектов нестехиометрии. Изотермы.
9	Равновесие примесных дефектов. Изотермы.

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Рентгеновский фазовый анализ.
2	Индицирование дифрактограмм.
3	Определение параметра кубической решетки.
4	Определение энергии водородной связи в кристаллогидратах методом ИК-спектроскопии.
5	Количественный фазовый анализ в ИК-спектроскопии.
6	Определение энергии активации обезвоживания кристаллогидрата термогравиметрическим методом.
7	Рост кристаллов в капле раствора.
8	Выращивание кристаллов из раствора.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

**6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**6.1. Печатная учебно-методическая литература**

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник для вузов / Ю.К. Егоров-Тисменко. - Москва: Университет, 2005.	10
2	Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник для вузов / Ю.К. Егоров-Тисменко. - Москва: Университет, КДУ, 2010.	15
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Ковтуненко П. В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами : учебник для вузов / П. В. Ковтуненко. - Москва: Высш. шк., 1993.	5
2	Кристаллография : лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / Ю.Н. Сафьянов [и др.]. - Москва: Физматлит, 2005.	5
3	Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений : пер. с англ. / К. Накамото. - Москва: Мир, 1991.	2
4	Розин К. М. Практическая кристаллография : учебное пособие / К. М. Розин. - Москва: Изд-во МИСиС, 2005.	16
5	Синельников Б.М. Физическая химия кристаллов с дефектами : учеб. пособие для вузов / Б.М.Синельников. - М.: Высш. шк., 2005.	15
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Кристаллография: журнал/РАН. Отделение физ. наук. –М.: Наука.	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	Порошковая дифракционная картотека объединенного Комитета порошковых дифракционных стандартов (PDFJCPDS).	1
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	



## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Розин К. М. Кристаллография и кристаллохимия : учебное пособие для студентов специальностей 1105.02 и 1108.00 / Розин К. М. - Москва: МИСИС, 2001.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-117242">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-117242</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Розин К. М. Практическая кристаллография : учебное пособие / К. М. Розин. - Москва: Изд-во МИСиС, 2005.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2470">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2470</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Пугачев В. М. Кристаллохимия / Пугачев В. М. - Кемерово: КемГУ, 2013.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan44382">http://elib.pstu.ru/Record/lan44382</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Wiley Journals	<a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	<a href="https://dvs.rsl.ru/">https://dvs.rsl.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Весы лабораторные ВЛТЭ-1100	1
Лабораторная работа	Весы лабораторные электронные XP 204S	1
Лабораторная работа	Дифрактометр «ДРОН-2»	1
Лабораторная работа	ИК-Фурье спектрометр «NICOLET 380»	1
Лабораторная работа	Микроскоп«Аксиостар плюс»	2
Лабораторная работа	Стол лабораторный СТФ-3	8
Лабораторная работа	Шкаф вытяжной ШВ-2-3	2
Лекция	Мультимедиа комплекс: проектор Panasonic, ноутбук Lenovo (ноутбук ToshibaEuropeGMBH).	1
Практическое занятие	Мультимедиа комплекс: проектор Panasonic, ноутбук Lenovo (ноутбук ToshibaEuropeGMBH).	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Кристаллохимия»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология

**Направленность (профиль)  
образовательной  
программы:** Химическая технология (СУОС)

**Квалификация  
выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Химические технологии

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 5

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачёт: 5 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Итоговый
	ТО	ОЛР	КР	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>З.1</b> Знает строение, свойства и методы исследования структуры кристаллических веществ, дефекты структуры реальных кристаллов.	ТО	ОЛР3 ОЛР4 ОЛР6	КР1 КР2	ТВ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1</b> Умеет проводить структурные и фазовые исследования кристаллических веществ в профессиональной деятельности.		ОЛР1 ОЛР2 ОЛР7	КР1	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>				
<b>В.1</b> Владеет навыками проведения структурных исследований и применения кристаллических веществ и материалов на их основе.		ОЛР1 ОЛР3 ОЛР5 ОЛР8		ПЗ

*ТО – теоретический опрос; ОЛР – отчет по лабораторной работе; КР – контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения 1 и 2 модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Строение и свойства кристаллов», вторая КР – по модулю 2 «Дефектность структуры реальных кристаллов».

#### Типовые задания первой КР:

1. Плоскость ABC отсекает по осям координат (X,Y,Z) отрезки  $\frac{1}{4}a$ ,  $1b$ ,  $-\frac{1}{2}c$ . Определите индексы Миллера ( $hkl$ ) и изобразите плоскость ABC в кристаллографических координатах ( $a < b < c$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ).

2. В кристаллографической системе координат ( $a = b < c$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ) точка M имеет координаты  $1a$ ,  $-\frac{1}{2}b$ ,  $\frac{1}{2}c$ . Определите индексы Вейсса  $[mnp]$  направления, обозначенного точкой M, и покажите его в пространстве. Изобразите элементарную ячейку решетки (I) и ее проекцию на плоскость XY, укажите сингонию. Изобразите проекцию направления на плоскости XY.

3. Интерметаллид AlFe имеет кубическую решетку (I) металлического типа: атомы Fe расположены в вершинах куба, атомы Al – в центре куба. Определите параметр элементарной ячейки  $a$  (нм) и коэффициент компактности Q (%), если эффективные радиусы составили 0,126 нм (для атомов Al) и 0,118 нм (для атомов Fe). Дайте графическое пояснение расчетов.

#### Типовые задания второй КР:

1. В стехиометрическом кристалле ZnS при температуре 1070 К образуются дефекты по Шоттки в катионной и анионной подрешетках с суммарной концентрацией  $5,2 \cdot 10^{-6}$ . Определите теплоту образования одной пары дефектов по Шоттки (эВ) и одного моля дефектов по Шоттки (кДж/моль), если постоянная Больцмана  $k = 8,63 \cdot 10^{-5}$  эВ/К =  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К. Составьте квазихимические уравнения ионизации вакансий и каков тип проводимости кристалла при этом возникает?

2. Составьте квазихимические уравнения, характеризующие равновесие собственных и примесных дефектов в кристаллах Ge с примесью Mg, образующего твердые растворы внедрения. Постройте графики изотерм для основных видов дефектов, если в германии образуются дефекты по Френкелю, а ширина запрещенной зоны  $\Delta E$  равна 0,65 эВ. Каково влияние примеси на проводимость кристалла?

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная

сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

### **2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### **2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Типы кристаллических решеток Браве.
2. Символы плоскостей и ребер.
3. Кристаллохимические радиусы.
4. Принципы составления кристаллохимических уравнений образования точечных дефектов.
5. Дифракция рентгеновского излучения на кристалле.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Осуществить индцирование кристаллографической плоскости.
2. Определить число формульных единиц в разных типах кристаллических решеток.
3. Установить элементарную ячейку данного типа кристалла.
4. Установить уравнение изотермы при образовании дефектов нестехиометрии.
5. Определить кристаллохимический радиус атома в кристаллической решетке простого вещества.

##### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. На основании дифрактограммы (ДФГ) кристалла с использованием рентгенометрических данных картотеки PDFJCPDS (ранее ASTM) осуществить идентификацию вещества по его кристаллической структуре.

2. На основании дифрактограммы вещества кубической сингонии определить тип решетки: примитивная (*P*), объемноцентрированная (*I*), гранецентрированная (*F*). Определить параметр решетки.

3. На основании установленной кристаллической структуры исследуемого вещества определить коэффициент компактности кристаллической решетки и плотность кристалла.

#### **2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.