

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.09.01  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Кристаллография**  
(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)  
22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

направленность (профиль)/специализация  
Современные материалы и технологии их производства

Форма обучения: Очная

Год набора: 2020

Общая трудоемкость: 5 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	5	Итого
Форма контроля	Зач.	
Вид занятий		
Лекции	34	<b>34</b>
Лабораторные	50	<b>50</b>
Практические		
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,25	<b>0,25</b>
Контактная работа	84,25	<b>84,25</b>
Самостоятельная работа	95,75	<b>95,75</b>
Контроль		
<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>180</b>

Рабочую программу составил(и):

Профессор каф. НМиМ, доцент, д.т.н. Н.А. Клевцова

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☐

Отсутствует

☐

Рецензент

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности)

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

---

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31»августа 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры НМиМ

---

(протокол заседания № 1 от «30» августа 2019 г.).

### **1. Цель освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины – научить студентов самостоятельно анализировать структурное состояние металлов и сплавов.

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: физика, общая и неорганическая химия, материаловедение и ТКМ, физика конденсированного состояния,

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: физика прочности и пластичности, специальные вопросы материаловедения, дефекты кристаллического строения, рентгенография, материаловедение перспективных технологий, преддипломная практика

### **3. Планируемые результаты обучения**

<b>Формируемые и контролируемые компетенции</b> (код и наименование)	<b>Индикаторы достижения компетенций</b> (код и наименование)	<b>Планируемые результаты обучения</b>
(ПК-4) способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	-	Знать: методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
(ПК-5) готовностью выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации	-	Знать: методы исследования и испытания изделий материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные
		Уметь: выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
		Владеть: навыками исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации
(ПК-14) способностью обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на		Знать: экологическое и технически безопасное производство на основе механизации и автоматизации производственных процессов

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
(ПК-4) способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	-	Знать: методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
(ПК-5) готовностью выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации  основе механизации и автоматизации производственных процессов, выбора и эксплуатации оборудования	-	Знать: методы исследования и испытания изделий материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные
		Уметь: выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
		Владеть: навыками исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации  Уметь: обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе механизации и автоматизации производственных процессов,

<b>Формируемые и контролируемые компетенции</b> (код и наименование)	<b>Индикаторы достижения компетенций</b> (код и наименование)	<b>Планируемые результаты обучения</b>
(ПК-4) способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	-	Знать: методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
(ПК-5) готовностью выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации  и оснастки, методов и приемов организации труда	-	Знать: методы исследования и испытания изделий материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные
		Уметь: выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
		Владеть: навыками исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации
		Владеть: способностью обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе механизации и автоматизации

<b>Формируемые и контролируемые компетенции</b> (код и наименование)	<b>Индикаторы достижения компетенций</b> (код и наименование)	<b>Планируемые результаты обучения</b>
(ПК-4) способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	-	Знать: методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
		Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
(ПК-5) готовностью выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации	-	Знать: методы исследования и испытания изделий материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные
		Уметь: выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
		Владеть: навыками исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации
		производственных процессов, выбора и эксплуатации оборудования и оснастки, методов и приемов организации труда

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Основы кристаллографии	Лек.	1. Пространственная решетка.	5	2			Вопросы к зачету №1-4
	Лаб.	Вводное занятие. Техника безопасности..	5	2	4		Комплект заданий к л.р.1
	Лек.	2. Системы трансляций.	5	2		2	Тест
	Лаб.	"Кристаллографические индексы". Часть 1.	5	2	4		Вопросы к зачету №1-4
	Лек.	3. Кристаллографические проекции	5	2		2	Комплект заданий к л.р.1
	Сам	Самостоятельная работа	5	30			
Основные законы кристаллографии	Лаб.	"Кристаллографические индексы". Часть 2.	5	2	4		Вопросы к зачету №1-4
	Лаб.	Линейные и угловые соотношения в пространственной решетки". Часть 1.:	5	2	4		Комплект зад. к л.р.1
	Лек.	4. Симметрия Континуума.	5	2		2	Тест
	Сам	Самостоятельная работа	5	30			
Симметрия кристаллов	Лаб.	Линейные и угловые соотношения в пространственной решетки". Часть 2.	5	4	4		
	Лаб.	Простые формы кристаллов". Часть 1.	5	2	4		Комплект заданий к л.р.1
	Лек.	5. Точечные группы симметрии.	5	2		2	Тест

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лаб.	Простые формы кристаллов". Часть 2.	5	2	4		
	Лаб.	"Точечные группы симметрии". Часть 1..	5	2	4		Вопросы к зачету №1-4
	Лек.	6. Симметрия дисконтинуума.	5	2		2	Комплект заданий к л.р.1
	Лаб.	Точечные группы симметрии". Часть 2.	5	2	4		Тест
	Лаб.	Итоговое занятие. Ликвидация долгов..	5	2	4		Вопросы к зачету №1-4
	Лек.	7. Пространственные группы симметрии.	5	2		2	Комплект заданий к л.р.1
	Лаб.	Защита от рентгеновских лучей, дозиметрия". Часть 1.дифракционные	5	2	4		Тест
Структура кристаллов	Лаб.	Защита от рентгеновских лучей, дозиметрия". Часть 2..	5	2	4		Вопросы к зачету №1-4
	Лек.	8. Групповые представления кристаллографии и правильные системы	5	2		2	
	Лаб.	Рентгеновские трубки и аппараты". Часть 1.	5	2	4		
	Лаб.	"Рентгеновские трубки и аппараты". Часть 2.	5	2	4		
	Лек.	9. Обратное пространство и обратная решетка.	5	2		2	
	Лаб.	Рентгеновский дифрактометр. Определение интегральной интенсивности линий". Часть	5	2	4		

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лаб.	Рентгеновский дифрактометр. Определение интегральной интенсивности линий". Часть	5	2	4		
	Лек.	10. Формулы структурной кристаллографии.	5	2		2	
	Лаб.	Индицирование рентгенограмм". Часть 1.	5	2	4		
	Лаб.	Индицирование рентгенограмм". Часть 2.	5	2	4		
	Лек.	11. Основные понятия кристаллохимии.	5	2		2	
	Лаб.	Прецизионное измерение периода кристаллической решетки". Часть 1.	5	2	4		
	Лаб.	Прецизионное измерение периода кристаллической решетки". Часть 2.	5	2	4		
	Лек.	12. Описание и анализ структурных типов.	5	2		2	
	Лаб.	Определение макронапряжений". Часть 1.	5	2	4		
	Лаб.	Определение макронапряжений". Часть 2.	5	2	5		
	Лек.	13. Основные структурные типы соединений с ионной связью.	5	2		2	
	Лаб.	Определение размеров областей когерентного рассеяния". Часть 1.	5	2	4		
	Лаб.	Определение размеров областей когерентного рассеяния". Часть 2.	5	2	4		
	Лек.	14. Основные структурные типы соединений с металлической связью.	5	2		2	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек.	15. Рентгеновские спектры. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллами. Основные уравнения дифракции	5	2			
	Лек.	16. Интенсивность интерференционных максимумов	5	2			
	Лек.	17. Диффузное рассеяние рентгеновских лучей	5	2			
	Сам	Самостоятельная работа	5	35,75			
	ПА	Промежуточная аттестация		0,25			
		Посещаемость			100		
<b>Итого:</b>				<b>180</b>	<b>(100+100)/2</b>		

**Схема расчета итогового балла: (Текущий рейтинг + Результат итогового тестирования)/2**

## 5. Образовательные технологии

При реализации данной дисциплины используются следующие технологии:

Технология традиционного обучения – предлагает традиционную последовательность изучения нового материала.

Информационные технологии – предлагают использование компьютера во время проведения занятий.

Интерактивные технологии – предлагают диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие между студентом и преподавателем, либо между студентами, использование метода обучения «мозговой штурм», использование элементов проблемного обучения в виде наличия вопросов проблемного характера в лабораторных работах и требований анализа полученных результатов с последующим выводом по экспериментальным и расчетным данным.

## 6. Методические указания по освоению дисциплины

Учебная деятельность студента в процессе изучения дисциплины «Кристаллография» состоит из контактной формы работы с преподавателем в аудитории и самостоятельной работы. Для успешного освоения дисциплины является обязательным посещение лекций, практических и лабораторных занятий и иных форм работы.

Каждая из практических работ завершается выполнением теста, который позволяет студенту оценить уровень овладения изучаемой темой. По окончании изучения дисциплины проводится тестирование в компьютерном классе.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Кристаллография» имеет особое значение, поскольку позволяет перейти от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач. Самостоятельная работа студентов служит получению новых знаний, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию профессиональных навыков и умений.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5	ПК-4	<i>Комплект типовых разноуровневых задач: темы №№ 1-7. Тестовые задания № 1-50. Вопросы к зачету №№ 1-30</i>
5	ПК-5	<i>Комплект отчетов по лабораторным работам: л/р №№ 1-5. Тестовые задания № 51-100 Вопросы к зачету №№ 1-30</i>
5	ПК-14	<i>Комплект отчетов по лабораторным работам: л/р №№ 6-11. Тестовые задания № 101-150 Вопросы к зачету №№ 1-30</i>

## **7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля**

### **7.2.1. Тесты**

*(наименование оценочного средства)*

---

#### **■ Комплект отчетов по лабораторным работам**

##### **Лабораторная работа №1 «Кристаллографические индексы»**

###### **Форма отчета по лабораторной работе №1**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

##### **Лабораторная работа №2 «Линейные и угловые соотношения в пространственной решетке»**

###### **Форма отчета по лабораторной работе №2**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

##### **Лабораторная работа №3 «Простые формы кристаллов»**

###### **Форма отчета по лабораторной работе №3**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

##### **Лабораторная работа №4 «Точечные группы симметрии»**

###### **Форма отчета по лабораторной работе №4**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

##### **Лабораторная работа №5 «Кристаллографические проекции»**

###### **Форма отчета по лабораторной работе №5**

- Цель
- Программа работы

- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

#### **Лабораторная работа №6 «Рентгеновский дифрактометр.»**

##### **Форма отчета по лабораторной работе №6**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

#### **Лабораторная работа №7 «Определение интегральной интенсивности линий»**

##### **Форма отчета по лабораторной работе №7**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

#### **Лабораторная работа №8 «Индицирование рентгенограмм»**

##### **Форма отчета по лабораторной работе №8**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

#### **Лабораторная работа №9 «Прецизионное измерение периода кристаллической решетки»**

##### **Форма отчета по лабораторной работе №9**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

#### **Лабораторная работа №10 «Определение макронапряжений»**

##### **Форма отчета по лабораторной работе №10**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу

- Полученные результаты
- Выводы

## **Лабораторная работа №11 «Определение размеров областей когерентного рассеяния»**

### **Форма отчета по лабораторной работе №11**

- Цель
- Программа работы
- Задание на работу
- Полученные результаты
- Выводы

### **Требования к оформлению**

Отчет по лабораторной работе оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2001 на техническую документацию.

### **Процедура оценивания**

По результатам лабораторной работы оформляется отчет, предъявляется преподавателю на проверку, после устранения замечаний проводится устная защита работы.

### **Критерии оценки:**

Максимум за задание 6 баллов, из них:

присутствие на занятии - 1 балл,  
 выполнение экспериментальной части - 1 балл,  
 отчет оформлен, но с небольшими неточностями - 1 балл,  
 правильно оформленный отчет - 2 балла,  
 ответы на вопросы по защите даны с небольшими неточностями - 1 балл,  
 даны верные ответы на вопросы по защите - 2 балла.

- **Комплект типовых разноуровневых задач для самостоятельного решения**

### **Тема № 1 «Пространственная решетка»**

*Задачи:*

- 1.1. Доказать, что бесконечная точечная решетка может обладать вращательной симметрией только второго, третьего, четвертого и шестого порядков.
- 1.2. Вывести закон зон (закон Вейсса), который гласит: если  $[uvw]$  – ось зоны, а  $(hkl)$  – грань этой зоны, то  $hu + kv + lw = 0$ .
- 1.3. Показать, что в кубической системе направление  $[hkl]$  перпендикулярно к грани  $(hkl)$ .

- 1.4. Доказать, что в кубической системе угол  $\varphi$  между нормальными к граням  $(h_1k_1l_1)$  и  $(h_2k_2l_2)$  определяется формулой:

$$\cos \varphi = \frac{h_1h_2 + k_1k_2 + l_1l_2}{\sqrt{(h_1^2 + k_1^2 + l_1^2)(h_2^2 + k_2^2 + l_2^2)}}.$$

- 1.5. Доказать, что в системе индексов  $hkil$  Миллера-Бравэ  $h + k + i = 0$ .

- 1.6. У кристалла ромбической серы грань  $(hkl)$  лежит на пересечении зон  $[\bar{2}30]$  и  $[04\bar{1}]$ . Были измерены следующие углы:

51°28' – между гранями  $(100)$  и  $(hkl)$ ;

70°18' – между гранями  $(010)$  и  $(hkl)$ .

Определить индексы грани  $(hkl)$ , угол между  $(001)$  и  $(hkl)$  и осевые

отрезки  $a$  и  $c$ , если  $b = 12,94 \text{ \AA}$

- 1.7. Показать, что в гексагональной плотноупакованной структуре металла

теоретическое отношение осей  $\frac{c}{a} = \frac{2\sqrt{6}}{3} \approx 1.633$ . Вычислить также следующие углы:

$\alpha$  – между  $(0001)$  и  $(10\bar{1}1)$ ;

$\beta$  – между  $(0001)$  и  $(11\bar{2}1)$ ;

$\gamma$  – между  $(10\bar{1}1)$  и  $(01\bar{1}0)$ .

## Тема № 2 «Системы трансляций»

Задачи:

- 2.1. Определить системы трансляций структур с базисами:

2A:  $0 \ 1/2 \ 0; 1/2 \ 0 \ 1/2$ .

- 2.2. Определить системы трансляций структур с базисами:

4A:  $x \ y \ z; \overline{xyz}; 1/2 + x \ 1/2 - y \ \bar{z}; 1/2 - x \ 1/2 + y\bar{z}$ ;

- 2.3. Определить системы трансляций структур с базисами:

2A:  $1/2 \ 0 \ 0; 0 \ 1/2 \ 1/2$ ;

2B:  $0 \ 0 \ 1/2; 1/2 \ 1/2 \ 0$ .

- 2.4. Почему в числе независимых систем трансляций Браве отсутствует система, центрирующая одновременно две координатные плоские сетки ( $A$  и  $B$ ,  $A$  и  $C$ , или  $B$  и  $C$ )?

- 2.5. Для структуры моноклинного кристалла указана ячейка  $I$ , базис

2A:  $0 \ 0 \ 0; 1/2 \ 1/2 \ 1/2$ ;  $N = 2$ . Преобразовать эту ячейку в моноклинную базоцентрированную. Найти соответствующее преобразование осей и индексов.

- 2.6. Почему плоскость  $a$  невозможна в ромбических кристаллах с решеткой  $A$ ,  $B$  или  $C$ ? При какой решетке она возможна? Чем отличаются две соседние параллельные плоскости  $d$ ?

- 2.7.** При описании некоторых несовершенных кристаллов с решеткой  $F$  удобно рассматривать их с помощью гексагональной ячейки  $H$ . Выразить графически и алгебраически векторы ячейки  $H$  через векторы ячейки  $F$ . Вывести матрицу преобразования индексов плоскостей этих решеток при переходе от одной элементарной ячейки к другой. Найти соотношение объемов и ячеек и число узлов в каждой из них (то же задание для перехода  $I - H$ ).
- 2.8.** Из теоремы Эйлера о возможных сочетаниях трех осей вращения, проходящих через одну точку в трехмерном пространстве, выведено следующее соотношение:

$$\cos c = \frac{\cos \frac{C}{2} + \cos \frac{A}{2} \cos \frac{B}{2}}{\sin \frac{A}{2} \sin \frac{B}{2}},$$

где  $c$  – угол между двумя осями симметрии с углами поворота, равными  $A$  и  $B$ . Угол поворота для третьей оси симметрии равен  $C$ .

Используя это соотношение, определить, допустимы ли сочетания поворотных осей симметрии 432, 532 и 643. В каждом допустимом случае указать, сколько должно быть осей каждого типа.

- 2.9.** Вычислить относительную долю пространства, заполненного сферами, в следующих структурах: простая кубическая структура; объемноцентрированная и гранецентрированная кубические структуры; структура алмаза. Пусть четыре сферы касаются друг друга в вершинах правильного тетраэдра. Какая часть тетраэдра заполнена этими сферами? Почему невозможно заполнить пространство так плотно?

### **Тема № 3 «Симметрия кристаллов»**

#### **Задачи:**

- 3.1.** Ленточными группами (линейными мотивами) называются двумерные полосы, бесконечные в одном направлении и конечные – в другом. Зеркальные плоскости симметрии могут располагаться вдоль полосы или перпендикулярно к ней, а плоскости скользящего отражения возможны лишь вдоль полосы. Оси симметрии второго порядка могут быть только перпендикулярными к полосе.
- Сколько существует таких ленточных групп?
- 3.2.** Исследовать, как расположены в пространстве три взаимно перпендикулярные оси симметрии второго порядка в каждой из четырех пространственных групп  $P222$ ,  $P222_1$ ,  $P2_12_12$ ,  $P2_12_12_1$ .
- 3.3.** Моноклинную пространственную группу  $P2_1/c$ , изменив направление осей, можно обозначить:  $P2_1/n$ .

Как надо для этого изменить оси? С помощью какой матрицы можно перевести индексы плоскости  $(h_2k_2l_2)$  связанные с пространственной группой  $P2_1/n$ , в индексы  $(h_1k_1l_1)$ , относящиеся к пространственной

группе  $P2_1/c$ ? Показать, что систематические погасания, присущие  $P2_1/c$  и  $P2_1/n$ , согласуются с этими преобразованиями.

- 3.4.** Известно, что сегнетова соль (виннокислый калий – натрий,  $\text{NaKC}_4\text{H}_6\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) претерпевает фазовый переход при  $24^\circ\text{C}$ . Выше этой температуры она заведомо имеет ромбическую пространственную группу  $P2_12_12$  и не является сегнетоэлектриком. Предполагается, что ниже этой температуры она принадлежит к моноклинной пространственной группе  $P2_111$  и является сегнетоэлектриком. Заметного изменения размеров ячейки в точке перехода не обнаруживается.

Какие различия можно обнаружить на рентгенограммах, снятых выше и ниже точки перехода? Что еще можно сделать, чтобы установить истинную пространственную группу этого кристалла в сегнетоэлектрической фазе?

- 3.5.** Известно, что для кристалла  $\text{SbTeI}$  (точечная группа  $mmm$ ) ненулевые интенсивности имеют следующие типичные рентгеновские отражения:

111, 121, 211, 231, 241, 331, 021, 041, 101  
301, 501, 110, 120, 130, 210, 220, 230, 200  
400, 600, 020, 040, 060, 002, 004.

Определить пространственную группу и, совместив начало координат с центром симметрии, начертить схемы распределения элементов симметрии и правильные системы точек. Учитывая, что элементарная ячейка содержит четыре формульные единицы, записать возможные координаты этих атомов. Сколько всего центров симметрии приходится на элементарную ячейку?

- 3.6.** Каждый из тридцати двух кристаллографических классов является представлением некоторой абстрактной математической группы. Порядок этой группы равен числу эквивалентных точек на стереографической проекции соответствующего класса. Например, класс  $2/m$  представляет группу четвертого порядка, класс  $4/m$  – группу восьмого порядка.

Составьте таблицы перемножений групп (квадраты Кэли) для каждого из кристаллографических классов, представляющих группы четвертого порядка. Какие кристаллографические классы обладают изоморфными группами?

- 3.7.** Найти классы симметрии, которые выводятся из некристаллографических осей симметрии пятого и восьмого порядков и которые можно назвать принадлежащими к «пентагональной» и «октагональной» системам.
- 3.8.** Показать графически, что из трех осей, связанных теоремой Эйлера, все три должны быть поворотными или же две инверсионными и одна поворотной (но не все три инверсионными).
- 3.9.** Где будет располагаться центр инверсии, возникающий при пересечении зеркальной плоскости и поворотной оси второго порядка; при пересечении той же плоскости и винтовой оси второго порядка? Почему

центр, образованный при пересечении зеркальной плоскости и винтовой оси  $4_2$ , совпадает с точкой пересечения этих элементов симметрии?

**3.10.** Построить стандартную сетку  $[001]$   $\beta$ -олова ( $A5Sn$ ,  $14/amd$ ;

$a = 5,28 \text{ \AA}$ ,  $c = 3,12 \text{ \AA}$ ;  $N = 4$ ). Показать положение гномостереографических проекций совокупностей  $\{110\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{112\}$ ,  $\{211\}$ ,  $\{221\}$ ,  $\{212\}$ ,  $\{310\}$ ,  $\{301\}$ ,  $\{031\}$ . Установить, с какими угловыми смещениями связан переход  $\beta$ -олова в  $\alpha$ -олово ( $A5 - A4$ ).

**3.11.** Построить гномостереографическую проекцию сетки  $(163)$   $\mu$ -фазы ( $D8_5$ ;  $\bar{R}3m$ ;  $a = 9,02 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 30^\circ 31'$ ) в гексагональной установке с осью проекций  $[00.1]$ .

**3.12.** Построить ячейку Вигнера-Зейтца для базоцентрированной системы точек  $\alpha$ -урана ( $A20$ ;  $Cmcm$ ;  $a = 2,85 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,87 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,95 \text{ \AA}$ ,  $N = 4$ .  $4U$ :  $[0\ 0\ 0; 1/2\ 1/2\ 0] \pm (0\ y\ 1/4)$ , где  $y = 0,105$ ) и соответствующую зону Бриллюэна [то же задание для тригональной системы точек висмута ( $A7$ ;  $\bar{R}3m$ ;  $a = 4,74 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 57^\circ 14'$ ;  $N = 2 \cdot 2Bi$ ;  $\pm(x\ x\ x)$ ,  $x = 0,237$ ].

#### Темы письменных работ

(не предусмотрены)

#### Краткое описание и регламент выполнения

3 теста по 10 вопросов – время 45 мин.

### 7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 5

№ п/п	Вопросы
1.	Основные законы кристаллографии
2.	Макроскопические и микроскопические характеристики кристаллов
3.	Решетка и структура кристаллов
4.	Кристаллографические проекции

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы</b>
5.	Пространственная решетка
6.	Кристаллографические символы
7.	Обратная решетка
8.	Матрица ортогонального преобразования
9.	Преобразование индексов направлений и плоскостей при изменении системы координат
10.	Основные формулы структурной кристаллографии
11.	Области Вороного, ячейки Вигнера–Зейтца, зоны Бриллюэна
12.	Поворотные оси симметрии
13.	Инверсионные оси
14.	Зеркально-поворотные оси
15.	Элементы теории групп
16.	Точечные группы симметрии
17.	Пространственные группы
18.	Предельные группы симметрии
19.	Плотнейшие упаковки в структурах
20.	Структурные типы кристаллов химических элементов
21.	Сверхструктуры в твердых растворах замещения
22.	Структура фуллеренов, фуллеритов и квазикристаллов
23.	Структура поверхности
24.	Тензорное описание физических свойств кристаллов
25.	Влияние симметрии кристалла на его свойства, описываемые тензорами второго ранга
26.	Упругие свойства кристаллов
27.	Геометрия пластической деформации в монокристаллах
28.	Кристаллографическая текстура
29.	Малоугловые границы

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы</b>
30.	Высокоугловые границы

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

<b>Семестр</b>	<b>Форма проведения промежуточной аттестации</b>	<b>Критерии и нормы оценки</b>	
5	по накопительному рейтингу	«зачтено»	Не менее 40 баллов
		«не зачтено»	Менее 40 баллов

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	В.К. Портной, А.И. Новиков, И.С. Головин	Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа. [Электронный ресурс]	Учебник	2015	ЭБС Лань
2	В.П. Дмитренко, Н.Б. Мануйлова	Материаловедение в машиностроении [Электронный ресурс]	Учебное пособие	2016	ЭБС "ZNANIUM.COM"

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Н. В. Переломова, М. М. Тагиева	Кристаллофизика [Электронный ресурс]	сборник задач с решениями	2013	ЭБС "Лань"
2	О.А. Масанский	Материаловедение и технологии конструкционных материалов [Электронный ресурс]	Учебное пособие	2015	ЭБС "ZNANIUM.COM"

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- «Вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», <http://vestnik.magtu.ru>
- «Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки», <http://science.samgtu.ru/node/31>
- «Литьё и металлургия» <http://lim.bntu.by>
- «Технология металлов» <http://www.nait.ru>
- «Перспективные материалы» <http://www.j-pm.ru>

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows:  WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018г., срок действия – бессрочно;  контракт №1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно;
2	Office Standart:  Office Standart 2016 Russian	договор № 757 от 04.07.2018г., срок действия - бессрочно;  контракт № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно;
3	Mirapolis Human Capital Management	договор № 42/02/22 - К от 02.02.2022 до 31.08.2022

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-214	Столы ученические двухместные , столы ученические, стол компьютерный, стол преподавательский, ПК ,доска трехсекционная аудиторная (меловая), стул преподавательский, проектор мультимедийный ,экран для проектора, тумба выкатная

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
2	Лаборатория «Металлография». Учебная аудитория для проведения лабораторных работ.Е-203	Стол преподавательский, столы ученические двухместные, стулья, доска аудиторная (меловая, трехстворчатая), столы лабораторные, микроскопы металлографические.
3	Лаборатория "Термообработка материалов" Учебная аудитория для проведения лабораторных работ.Е-105	Столы ученические двухместные, стулья ученические, доска аудиторная (меловая), шкафы для учебных пособий, столы лабораторные, микроскоп металлографический, щит силовой
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся Г-401	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет
5	Помещение для самостоятельной работы обучающихся Д-409	Столы-парты двухместные, стулья, стол преподавательский-, стул преподавательский, передвижная доска, экран, процессор, проектор, компьютерные столы, компьютеры для студентов с выходом в сеть интернет, компьютер преподавателя.