

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

Б1.В.04
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Кристаллография и дефекты кристаллического строения
(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: 2023

Общая трудоемкость: 5 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	6	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	32	32
Лабораторные		
Практические	32	32
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	64,35	64,35
Самостоятельная работа	80	80
Контроль	35,65	35,65
Итого	180	180

Рабочую программу составил(и):

Доцент каф. НМиМ, .к.ф-м.н. Попова Л.И.

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

К.т.н. Тюрков М.Н.

(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 2027 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры НМиМ

(протокол заседания № 2 от «31» августа 2022г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать у обучающихся представление о кристаллическом строении металлов и сплавов, о различных видах дефектов кристаллического строения и методах их исследования.. Показать роль кристаллического строения и субмикроструктуры в формировании свойств 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, физические и механические свойства материалов, электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов, новые материалы и технологии, преддипломная практика и защита ВКР.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
(ПК-2). Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучением	ИД-1ПК-2. Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов ИД-2ПК-2. Управляет процессами, влияющими на параметры исходного состояния материала и наноматериала ИД-3ПК-2. Управляет параметрами исходного состояния материала и наноматериала и контролирует их	Знать: кристаллические сингонии, кристаллографическую символику; задачи, решаемые кристаллохимией, основные типы дефектов кристаллического строения и их влияние на свойства, методы исследования кристаллического строения и субструктуры материалов.
		Уметь: использовать на практике современные представления о влиянии кристаллической структуры веществ на свойства материалов, выявлять взаимосвязь между внешним воздействием на кристалл и процессами протекающими на микро и мезоуровне твердых тел.

		<p>Владеть: способностью использовать знания и умения в области кристаллографии и субструктуры кристаллов в управлении параметрами, влияющими на состояние материала; информацией о методах исследования кристаллической структуры и способах управления свойствами через субструктуру материалов.</p>
--	--	--

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)
Модуль 1	Лек.1	Пространственная решетка. Системы трансляций. Кристаллографические проекции	6	2			Вопросы к зачету №1-4
	ПР1	Кристаллические структуры и их характеристики.	6	2	6		Комплект заданий к л.р.1
	Лек.2	Кристаллографическая символика. Связь между символами плоскостей и направлений	6	2		2	Тест
	ПР 2	Индексация кристаллографических направлений.	6	2	6		Вопросы к зачету №1-4
	Лек.3	Элементы симметрии конечных фигур. Осевая теорема Эйлера. Точечные группы симметрии	6	2		2	Комплект заданий к л.р.1
	ПР 3	Индексация кристаллографических плоскостей.	6	2	6		Вопросы к зачету №1-4
	Лек.4	Кристаллографические категории и сингонии. Кристаллографические проекции	6	2			Тест
	ПР 4	Основные формулы кристаллографии для кубических кристаллов.	6	2	6		
	Лек.5	Симметрия структуры кристаллических веществ(классы, виды). Решетки Браве	6	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)
	ПР 5	Закрытые операции и точечные группы симметрии.	6	2	6		
Модуль 2	Лек.6	Основные понятия и задачи кристаллохимии. Основные структурные типы соединений с ионной и металлической связью.	6	2		2	Комплект заданий к л.р.1
	ПР 6	Задачи кристаллохимии.	6	2	6		Тест
	Лек.7	Кристаллография пластической деформации. Кристаллография границ зерен.	6	2		2	Комплект заданий к л.р.1
	ПР 7	Рентгеновский дифрактометр. Определение интегральной интенсивности линий. Рентгеновские спектры. Рассеяние рентгеновских лучей	6	2	6		Тест
	Лек.8	Кристаллография мартенситных превращений Физические свойства кристаллов	6	2		2	
	Пр 8	Физические свойства и симметрия кристаллов	6	2	6		
Модули 1-2	ПА	Промежуточная аттестация.	6	0,35			

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль3	Лек.9	Идеальные и реальные кристаллы. Термодинамика точечных дефектов. Типы и миграция точечных дефектов.	6	2		2	
	ПР 9	Энергия образования и миграции.	6	2	6		
	Лек.10	Линейные дефекты. Основные типы дислокаций и их движение	6	2		2	
	ПР 10	Прямые и косвенные методы измерения концентрации и подвижности вакансий.	6	2	6		
	Лек.11	Количественные характеристики дислокаций Упругие свойства дислокаций	6	2			
	Пр 11	Методы наблюдения и измерения плотности дислокаций.	6	2	6		
	Лек.12	Дислокации в типичных металлических структурах	6	2		2	
	Пр 12	Энергия дислокаций. Типы движения дислокаций.	6	2	6		
Модуль 4	Пр 13	Взаимодействие дислокаций, Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами	6	2	6		
	Лек.13	Взаимодействие дислокаций друг с другом и с точечными дефектами.	6	2		2	
	Лек.14	Образование и размножение дислокаций.	6	2			
	ПР 14	Образование и размножение дислокаций. Влияние плотности дислокаций на свойства кристаллов.		2	6		

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек.15	Торможение дислокаций	6	2			
	ПР 15	Полигонизация. Дисклинации. Условия формирования границы зерна из дислокаций	6	2	6		
	Лек.16	Поверхностные дефекты кристаллов. Виды и строение границ зерен и субзерен.	6	2			
	ПР 16	Зачетное занятие. Тестирование.	6	2			
Модули 1-4	ББ	Посещаемость	6		10		
	Контроль	Подготовка к экзамену.	6	35,65			
	ИТ	Тест итоговый	6		100		
	Ср	Изучение специальной литературы, изучение материала по лекциям, подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов.	6	80			
Итого:				180	100+100		

Схема расчета итогового балла: Сумма баллов по всем учебным мероприятиям (текущий рейтинг), предусмотренным в курсе +баллы по результатам итогового теста (ИТ) и все делится на 2 + бонусные баллы (ТР +ИТ)/2 +ББ

5. Образовательные технологии

При реализации данной дисциплины используются следующие технологии:

Технология традиционного обучения – предлагает традиционную последовательность изучения нового материала в виде лекций и практических занятий..

Информационные технологии – предлагают использование компьютера во время проведения занятий, а также проведение лекций использованием презентационных материалов..

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 и дефекты кристаллического строения» 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 и дефекты кристаллического строения» 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
6	ПК-2	Тестовые задания № 1-500 Вопросы к зачету № 1-39

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

7.2.1. Комплект заданий к практической работе №1

Тема: «кристаллические структуры и их характеристики»»

Для следующих кристаллических веществ:

- нарисуйте элементарную ячейку;
- определите сингонию и тип решётки Бравэ;
- запишите базис и найдите число атомов в элементарной ячейке;
- найдите число ближайших соседей и расстояние до них.

Задание выполняется по вариантам.

Вещества (в скобках указан структурный тип):

- | | | |
|---------------------------------------|---|--|
| 1) NaCl; | 9) протактиний; | 17) FeO (тип NaCl); |
| 2) ZnS — сфалерит; | 10) индий; | 18) Ni ₃ Al (тип Cu ₃ Au); |
| 3) ZnS — вюрцит; | 11) лёд H ₂ O; | 19) MoC (тип WC); |
| 4) CaF ₂ ; | 12) TiC (тип NaCl); | 20) TiN (тип NaCl); |
| 5) сверхструктура CuAu; | 13) серое олово (тип алмаза); | 21) VC (тип NaCl); |
| 6) сверхструктура Cu ₃ Au; | 14) ThO ₂ (тип CaF ₂); | 22) VN (тип NaCl); |
| 7) алмаз; | 15) кремний (тип алмаза); | 23) медь (ГЦК); |
| 8) WC; | 16) AlN (тип вюрцита); | 24) магний (ГПУ). |

Структурные типы (пояснения): CuAu: атомы золота занимают вершины и центры верхней и нижней грани ГЦК-ячейки, атомы меди — центры боковых граней; Cu₃Au: атомы золота занимают вершины ГЦК-ячейки, атомы меди — центры всех граней; NaCl: ионы хлора занимают узлы ГЦК-ячейки, ионы натрия — центры всех октаэдрических пор; сфалерит (вюрцит) ZnS: ионы серы занимают узлы ГЦК- (ГПУ-) ячейки, ионы цинка — половину тетраэдрических пор (поры, направленные «остриями» вверх); алмаз (лёд): атомы или молекулы занимают узлы ГЦК- (ГПУ-) ячейки и половину тетраэдрических пор (поры, направленные «остриями» вверх); индий: атомы занимают все вершины и центры граней тетрагональной ячейки с соотношением осей $c/a = 1,521$; протактиний: атомы занимают все вершины и центр тетрагональной ячейки с соотношением осей $c/a = 0,825$; WC: решётка ГПУ, в которой все слои типа А образованы атомами вольфрама, а все слои типа В — атомами углерода; CaF₂ (флюорит) — ионы кальция занимают узлы ГЦК-решётки, а ионы фтора — все её тетраэдрические поры.

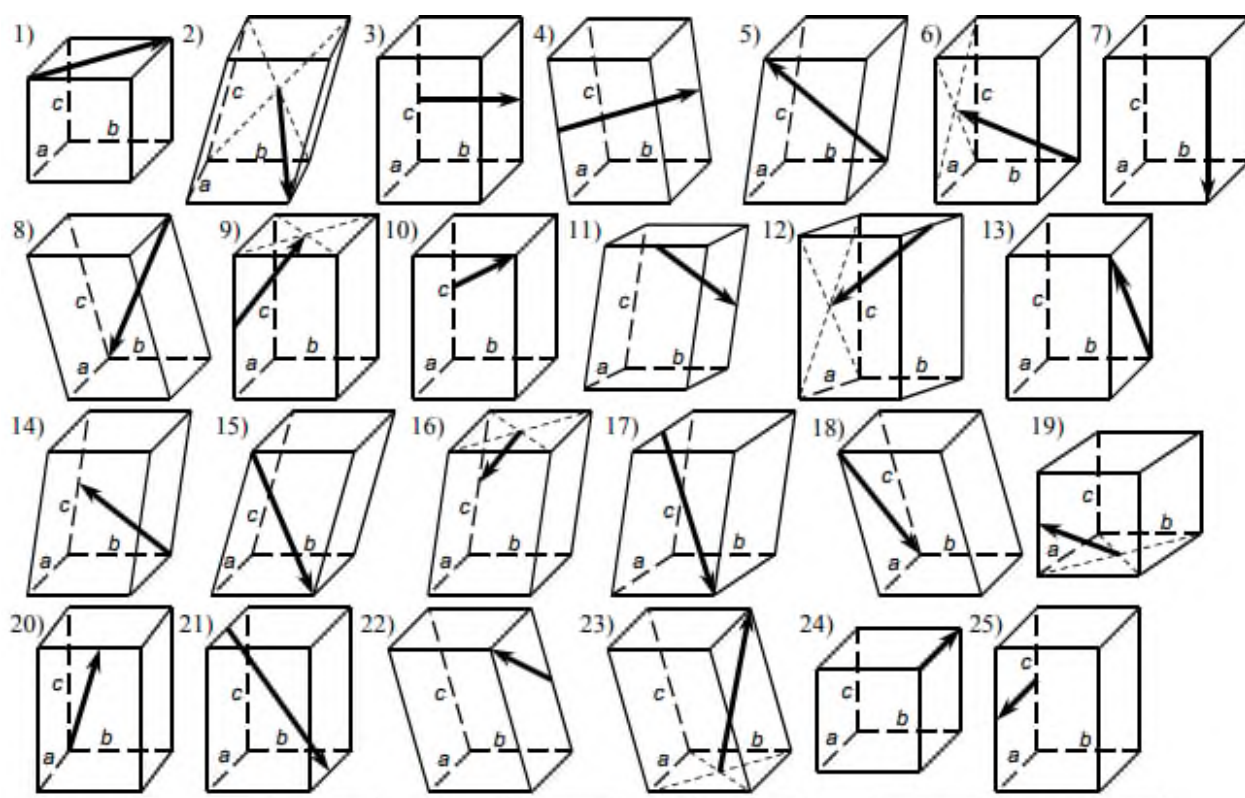
7.2.2. Комплект заданий к практической работе №2

Тема: «Индексация кристаллографических направлений»

Задание 1. Нарисуйте направление ..., проходящее через узел ...:

- | | | | |
|--|---|---|---|
| 1) $[\bar{1}\bar{1}1]$, $[[110]]$; | 7) $[120]$, $[[00\frac{1}{2}]]$; | 13) $[\bar{1}\bar{2}\bar{1}]$, $[[\frac{1}{2}1\frac{1}{2}]]$; | 19) $[011]$, $[[\frac{1}{2}\frac{1}{2}0]]$; |
| 2) $[\bar{1}01]$, $[[1\frac{1}{2}0]]$; | 8) $[\bar{2}2\bar{1}]$, $[[101]]$; | 14) $[\bar{1}21]$, $[[\frac{1}{2}00]]$; | 20) $[\bar{1}0\bar{2}]$, $[[1\frac{1}{2}1]]$; |
| 3) $[010]$, $[[\frac{1}{2}0\frac{1}{2}]]$; | 9) $[21\bar{2}]$, $[[001]]$; | 15) $[\bar{1}\bar{1}2]$, $[[111]]$; | 21) $[\bar{1}10]$, $[[10\frac{1}{2}]]$; |
| 4) $[2\bar{1}0]$, $[[011]]$; | 10) $[01\bar{2}]$, $[[\frac{1}{2}\frac{1}{2}1]]$; | 16) $[\bar{1}01]$, $[[100]]$; | 22) $[1\bar{1}1]$, $[[0\frac{1}{2}0]]$; |
| 5) $[0\bar{1}0]$, $[[\frac{1}{2}11]]$; | 11) $[1\bar{2}0]$, $[[010]]$; | 17) $[10\bar{2}]$, $[[0\frac{1}{2}1]]$; | 23) $[1\bar{1}1]$, $[[01\frac{1}{2}]]$; |
| 6) $[\bar{2}\bar{2}1]$, $[[11\frac{1}{2}]]$; | 12) $[\bar{1}\bar{2}1]$, $[[\frac{1}{2}10]]$; | 18) $[0\bar{1}\bar{1}]$, $[[\frac{1}{2}1\frac{1}{2}]]$; | 24) $[01\bar{1}]$, $[[\frac{1}{2}01]]$. |

Задание 2. Определите индексы направления.



7.2.3. Комплект заданий к практической работе №3

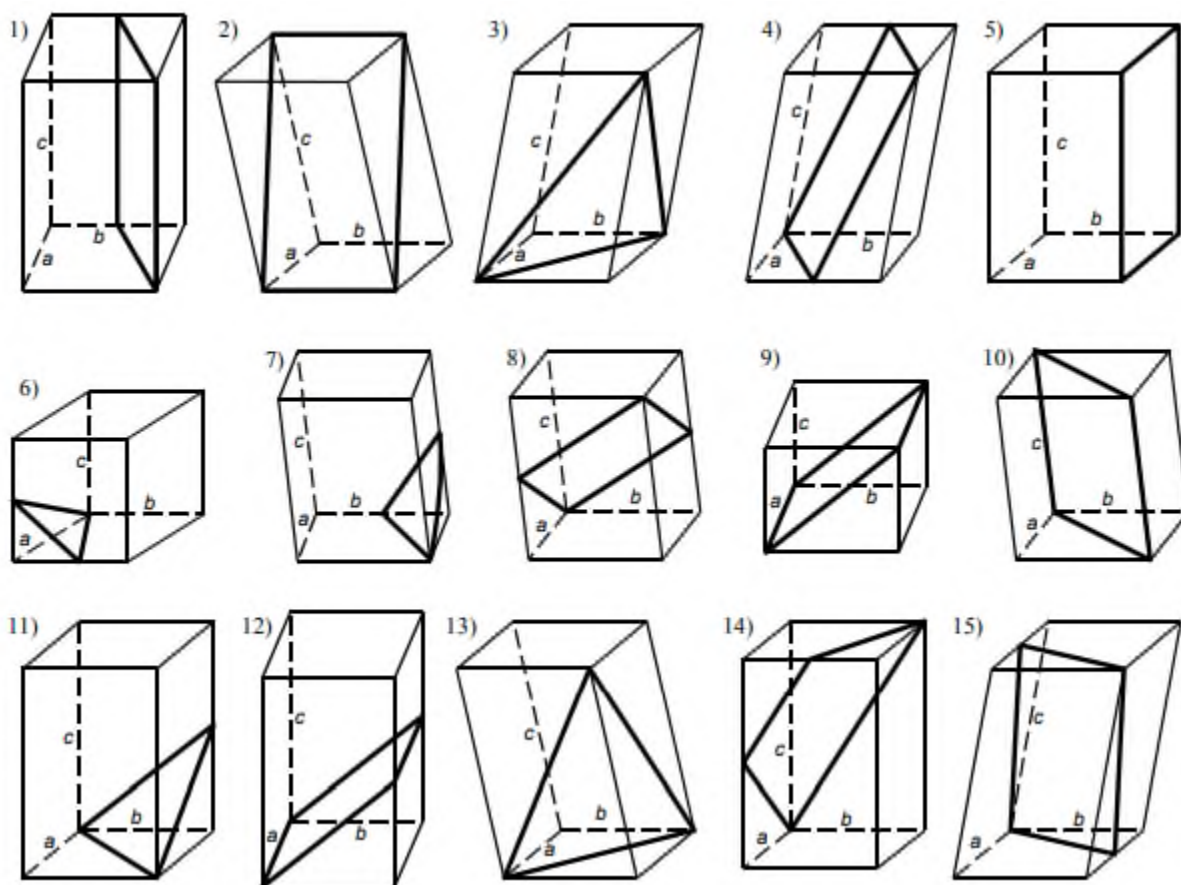
Тема: «Индексация кристаллографических плоскостей»

1. Нарисуйте три произвольные плоскости и определите их индексы.

2. Нарисуйте:

- 1) плоскость (102) , проходящую через узел $[[001]]$;
- 2) плоскость $(11\bar{0})$, проходящую через узел $[[110]]$;
- 3) плоскость $(112\bar{1})$, проходящую через узел $[[101]]$;
- 4) плоскость $(201\bar{1})$, проходящую через узел $[[111]]$;
- 5) плоскость $(121\bar{1})$, проходящую через узел $[[100]]$;
- 6) плоскость $(111\bar{1})$, проходящую через узел $[[11\ 1\ 2\ \bar{1}]]$;
- 7) плоскость (110) , проходящую через узел $[[0\ 1\ 2\ 0]]$;
- 8) плоскость (201) , проходящую через узел $[[1\ 2\ 0\ 1]]$;
- 9) плоскость (112) , проходящую через узел $[[1\ 2\ 1\ 2\ 1\ 2]]$;
- 10) плоскость $(101\bar{1})$, проходящую через узел $[[1\ 2\ 1\ 2\ 0]]$;
- 11) плоскость (111) , проходящую через узел $[[011]]$;
- 12) плоскость $(11\bar{1})$, проходящую через узел $[[1\ 2\ 0\ 0]]$.

3. Определите индексы плоскости.



7.2.4. Комплект заданий к практической работе №4

Тема: «Основные формулы кристаллографии для кубических кристаллов»

1. Определите, лежит ли направление в плоскости, и подтвердите рисунком:

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1) $[1\bar{1}1]$ в (101) ; | 4) $[012]$ в $(22\bar{1})$; | 7) $[221]$ в (110) ; | 10) $[201]$ в (122) ; |
| 2) $[110]$ в $(11\bar{1})$; | 5) $[10\bar{1}]$ в $(\bar{1}11)$; | 8) $[111]$ в (201) ; | 11) $[\bar{1}01]$ в (121) ; |
| 3) $[121]$ в $(1\bar{1}1)$; | 6) $[123]$ в $(11\bar{1})$; | 9) $[2\bar{2}1]$ в $(\bar{1}01)$; | 12) $[312]$ в $(\bar{1}11)$. |

2. Найдите направление, по которому пересекаются плоскости:

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1) (111) и (121) ; | 4) (112) и $(11\bar{2})$; | 7) (021) и $(01\bar{1})$; | 10) (011) и (102) ; |
| 2) (100) и $(\bar{1}10)$; | 5) $(\bar{1}02)$ и (101) ; | 8) (211) и (011) ; | 11) (102) и (120) ; |
| 3) (122) и (101) ; | 6) (103) и $(1\bar{1}1)$; | 9) $(2\bar{1}1)$ и $(\bar{1}21)$; | 12) (012) и (021) . |

3. Перечислите все плоскости семейства $\{\dots\}$, входящие в зону $[\dots]$.

- | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1) $\{111\}$, $[011]$; | 4) $\{123\}$, $[111]$; | 7) $\{011\}$, $[001]$; | 10) $\{211\}$, $[1\bar{1}1]$; |
| 2) $\{111\}$, $[1\bar{1}0]$; | 5) $\{112\}$, $[\bar{1}11]$; | 8) $\{221\}$, $[01\bar{1}]$; | 11) $\{123\}$, $[\bar{1}11]$; |
| 3) $\{110\}$, $[111]$; | 6) $\{112\}$, $[111]$; | 9) $\{011\}$, $[11\bar{1}]$; | 12) $\{012\}$, $[010]$. |

4. Найдите угол между направлениями:

- | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1) $[001]$ и $[\bar{1}01]$; | 6) $[12\bar{1}]$ и $[01\bar{1}]$; | 11) $[2\bar{1}1]$ и $[112]$; | 16) $[111]$ и $[1\bar{1}1]$; |
| 2) $[101]$ и $[2\bar{2}1]$; | 7) $[1\bar{1}1]$ и $[101]$; | 12) $[111]$ и $[1\bar{2}0]$; | 17) $[123]$ и $[0\bar{1}1]$; |
| 3) $[\bar{1}22]$ и $[01\bar{1}]$; | 8) $[101]$ и $[011]$; | 13) $[1\bar{1}0]$ и $[010]$; | 18) $[101]$ и $[112]$; |
| 4) $[011]$ и $[0\bar{1}1]$; | 9) $[021]$ и $[112]$; | 14) $[010]$ и $[2\bar{1}2]$; | 19) $[1\bar{1}0]$ и $[\bar{2}11]$; |
| 5) $[1\bar{2}1]$ и $[\bar{2}11]$; | 10) $[1\bar{1}0]$ и $[101]$; | 15) $[311]$ и $[010]$; | 20) $[011]$ и $[1\bar{1}2]$. |

7.2.5. Комплект заданий к практической работе №5

Тема: «Закрытые операции и точечные группы симметрии»

1. Нарисовать стереографическую проекцию ТГС, приняв за порождающие операции симметрии отражения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях симметрии и поворот вокруг оси C_2 , перпендикулярной к одной из плоскостей и лежащей в плоскости другой. Определить порядок группы, правильные системы точек, дать обозначение ТГС по Герману-Могену и Шенфлису.
2. Определить элементы симметрии и точечную группу молекулы нитробензола (рис. 5. 1) в зависимости от ее конформации.

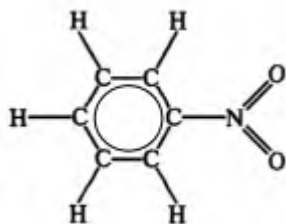


Рис.5.1 Молекула нитробензола.

3. Найти результат умножения следующих симметрических операций: 1) $2x$ и $2z$; 2) $2y$ и mz ; 3) $2y$ и m_y ; 4) $2x$ и $\bar{1}$; 5) m_x и m_z ; 6) m_y и $\bar{1}$
4. Какие координаты получит точка xuz после отражения в плоскости симметрии, совпадающей с плоскостью YZ , и поворота (по часовой стрелке) вокруг оси C_4 , совпадающей с осью Y ?

7.2.6 Комплект заданий к практической работе №6

Тема: «Задачи кристаллохимии»

1. Найти коэффициент плотности упаковки для двух модификаций $RbCl$, которые относятся к структурным типам $NaCl$ и $CsCl$.
2. Определить плотность кубических кристаллов $SrCl_2$ (структурный тип флюорита), если расстояние $Sr-Cl$ равно $3,02 \text{ \AA}$. 6.5.
3. В структуре -кристобалита атомы кремния располагаются по мотиву алмаза, а атомы кислорода находятся в серединах всех кратчайших отрезков $Si-Si$. Пользуясь таблицами кристаллохимических радиусов, найти параметр кубической решетки.
4. В структуре соединения $AmBnOp$ атомы кислорода окружают атомы A по тетраэдру, а атомы B – по октаэдру. Определить формулу соединения, если в ближайшей координационной сфере кислорода – один атом A и три атома B .

7.2.7. Комплект заданий к практической работе №8

Тема: «Физические свойства и симметрия кристаллов»

1. Кристалл NaCl поместили в однородное электрическое поле, вектор напряженности которого совпадает с направлением [110]. Найти симметрию кристалла в поле.

2. Считая, что внешняя форма кристалла правильно передает его истинную симметрию, установить, какими из следующих свойств: пьезоэффект, пьезоэффект, оптическая активность, – могут обладать кристаллы, имеющие форму: 1) косоугольного параллелепипеда; 2) ромбоэдра; 3) тригональной дипирамиды; 4) тетрагональной пирамиды; 5) правильного тетраэдра.

3. Титанат бария BaTiO_3 испытывает несколько сегнетоэлектрических фазовых переходов в последовательности пр. гр. $Pm\bar{3}m$ ($Z = 1$) $P4mm$ ($Z = 1$) $Pmm2$ ($Z = 2$) $R\bar{3}m$ ($Z = 1$). Определить направления спонтанной деформации (поляризации) при каждом фазовом переходе относительно исходной кубической ячейки.

7.2.8. Комплект заданий к практической работе №9

Тема: «Энергия образования и миграции вакансий»

1. Оцените частоту перескоков вакансии и атома и коэффициент самодиффузии при комнатной температуре и вблизи температуры плавления:

1) в никеле; 4) в кадмии; 7) в алюминии; 10) в железе; 2) в молибдене; 5) в литии; 8) в серебре; 11) в ниобии; 3) в свинце; 6) в олове; 9) в цинке; 12) в ванадии.

2. Оцените среднеквадратическое смещение вакансии и атома за 1 час (в микронах и в единицах межатомного расстояния) при комнатной температуре и вблизи температуры плавления: 1) в золоте; 4) в железе; 7) в магнии; 10) в тантале; 2) в хrome; 5) в вольфраме; 8) в платине; 11) в палладии; 3) в меди; 6) в свинце; 9) в индии; 12) в литии.

3. Сталь с исходной концентрацией углерода C_∞ находится в цементационной печи с температурой T и углеродным потенциалом C_0 . Рассчитайте: а) концентрацию углерода на глубине h через время τ_1 ; б) спустя какое время эта концентрация достигнет C_1 ; в) глубину слоя, где концентрация превышает C_1 , через время τ_2 ; г) во сколько раз больше времени потребуется для получения слоя такой же глубины, если температуру понизить на 100°C ? Коэффициент диффузии углерода в аустените принимайте равным $D = 0,10 \exp(-134 \cdot 10^3 / RT)$ $\text{см}^2/\text{с}$ (где энергия активации выражена в Дж/моль).

- 1) $T = 920^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,12\%$; $C_0 = 1,2\%$; $C_1 = 0,65\%$; $h = 0,8$ мм; $\tau_1 = 8$ ч; $\tau_2 = 16$ ч;
- 2) $T = 920^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,12\%$; $C_0 = 1,2\%$; $C_1 = 0,6\%$; $h = 0,8$ мм; $\tau_1 = 6$ ч; $\tau_2 = 16$ ч;
- 3) $T = 920^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,2\%$; $C_0 = 1,2\%$; $C_1 = 0,8\%$; $h = 0,6$ мм; $\tau_1 = 6$ ч; $\tau_2 = 20$ ч;
- 4) $T = 930^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,2\%$; $C_0 = 1,2\%$; $C_1 = 0,8\%$; $h = 0,6$ мм; $\tau_1 = 6$ ч; $\tau_2 = 20$ ч;
- 5) $T = 930^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,15\%$; $C_0 = 1,0\%$; $C_1 = 0,5\%$; $h = 1$ мм; $\tau_1 = 10$ ч; $\tau_2 = 18$ ч;
- 6) $T = 930^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,15\%$; $C_0 = 1,0\%$; $C_1 = 0,7\%$; $h = 0,5$ мм; $\tau_1 = 6$ ч; $\tau_2 = 16$ ч;
- 7) $T = 940^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,18\%$; $C_0 = 0,8\%$; $C_1 = 0,5\%$; $h = 0,9$ мм; $\tau_1 = 8$ ч; $\tau_2 = 20$ ч;
- 8) $T = 940^\circ\text{C}$; $C_\infty = 0,18\%$; $C_0 = 0,8\%$; $C_1 = 0,5\%$; $h = 0,7$ мм; $\tau_1 = 6$ ч; $\tau_2 = 15$ ч;

7.2.9. Комплект заданий к практической работе №12

Тема: «Дислокации. Энергия дислокаций. Типы движения дислокаций.»

1. Определите тип дислокации в ГЦК-решётке, если линия этой дислокации лежит вдоль направления ..., а вектор Бюргерса равен Способна ли эта дислокация к скольжению, и если да, то в какой плоскости (плоскостях)?

- | | | |
|---|--|--|
| 1) $[110], \frac{1}{6}a[12\bar{1}]$; | 8) $[121], \frac{1}{3}a[1\bar{1}1]$; | 15) $[2\bar{1}1], \frac{1}{3}a[11\bar{1}]$; |
| 2) $[\bar{1}10], \frac{1}{3}a[111]$; | 9) $[112], \frac{1}{2}a[\bar{1}10]$; | 16) $[101], \frac{1}{2}a[01\bar{1}]$; |
| 3) $[1\bar{2}1], \frac{1}{2}a[10\bar{1}]$; | 10) $[101], \frac{1}{6}a[10\bar{1}]$; | 17) $[\bar{1}10], \frac{1}{2}a[1\bar{1}0]$; |
| 4) $[011], \frac{1}{6}a[121]$; | 11) $[21\bar{1}], \frac{1}{2}a[011]$; | 18) $[\bar{1}01], \frac{1}{6}a[\bar{1}12]$; |
| 5) $[110], \frac{1}{6}a[1\bar{1}0]$; | 12) $[\bar{1}12], \frac{1}{6}a[\bar{1}12]$; | 19) $[01\bar{1}], \frac{1}{2}a[101]$; |

2. Кристалл пересыщен вакансиями до концентрации $nV/N \sim 10^{-4}$ и имеет плотность дислокаций $\rho \sim 10^8 \text{ см}^{-2}$. Считая все дислокации краевыми, найдите их среднее смещение (в микронах и в единицах межатомного расстояния) вследствие переползания, если все вакансии стекут к дислокациям. Сравните полученную величину со средним расстоянием между дислокациями.

3. Найдите среднее расстояние между дислокациями: а) в отожжённом металле с плотностью дислокаций $\rho = 10^6 \text{ см}^{-2}$; б) в холоднодеформированном металле с $\rho = 10^{10} \text{ см}^{-2}$. Сравните его с радиусом ядра дислокаций (гядра $\sim 3 \text{ б}$).

Темы письменных работ

(не предусмотрены)

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 6

№ п/п	Вопросы к экзамену
1.	Основные понятия о кристаллах Закон постоянства граничных углов
2.	Кристаллическая структура. Пространственная решетка. Элементарная ячейка, её выбор, метрика
3.	Кристаллографические символы узлов, плоскостей и направлений в кристаллах кубической сингонии
4.	Связь между символами плоскостей и направлений Кристаллографическая символика в гексагональной сингонии.
5.	Элементы симметрии конечных фигур Понятие о симметрии. Элементы симметрии кристаллических многогранников

№ п/п	Вопросы к экзамену
6.	Взаимодействие симметрических операций (элементов симметрии). Осевая теорема Эйлера.
7.	Теоремы сложения элементов симметрии. Точечные группы симметрии.
8.	Кристаллографические категории и сингонии. Соотношение между периодами и осевыми углами в кристаллах разных сингоний. Правила кристаллографической установки кристаллов для различных сингоний.
9.	Кристаллографические проекции. Сферическая проекция. Стереографическая проекция. Гномостереографическая проекция
10.	Симметрия структуры кристаллических веществ. Классы симметрии Виды симметрии кристаллов, обладающих единичным направлением
11.	Элементы симметрии бесконечных фигур Винтовые оси симметрии. Плоскость скользящего отражения
12.	Решетки Бравэ. Выбор ячеек Бравэ Характеристика решеток Бравэ
13.	Трансляционная группа, базис ячейки Пример выбора элементарной ячейки Бравэ
14.	Основные понятия кристаллохимии. Основные структурные типы соединений с ионной и металлической связью.
15.	Физические свойства кристаллов
16.	Кристаллография пластической деформации
17.	Кристаллография границ зерен
18.	Кристаллография мартенситных превращений
19.	Понятие об идеальном и реальном кристалле. Классификация дефектов кристаллической решетки
20.	Точечные дефекты. Искажение решетки вокруг точечных дефектов Термодинамика точечных дефектов. Миграция точечных дефектов
21.	Основные типы дислокаций и их геометрия. Вектор Бюргерса
22.	Виды движения краевых, винтовых и смешанных дислокаций. Скольжение краевой дислокации
23.	Энергия дислокации. Силы, действующие на дислокацию
24.	Упругое взаимодействие параллельных краевых и винтовых дислокаций.
25.	Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами
26.	Происхождение и размножение дислокаций
27.	Дисклинация, их энергия, поля напряжений, свойства
28.	Границы зерен и субзерен. Границы кручения и наклона
29.	Малоугловые границы. Высокоугловые границы. Специальные и произвольные границы. Зернограницные дислокации
30.	Торможение дислокаций. Сила Пайерлса
31.	Торможение дислокаций при их взаимодействии с другими дислокациями и границами зерен
32.	Торможение дислокаций дисперсными частицами
33.	Торможение дислокаций атомами примесей и легирующих элементов

№ п/п	Вопросы к экзамену
34.	Методы наблюдения дислокаций и границ; дифракционные методы.
35.	Прямые и косвенные методы измерения концентрации и подвижности вакансий
36.	Наблюдения за образованием вакансий. Определение физических свойств, зависящих от присутствия вакансий.
37.	Рентгеновские спектры. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллами
38.	Основные уравнения дифракции.
39.	Интенсивность интерференционных максимумов. Диффузное рассеяние рентгеновских лучей

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
6	экзамен	«отлично»	Сумма баллов от 85 и более.
		«хорошо»	Сумма баллов от 70 до 84
		«удовлетворительно»	Сумма баллов от 55 до 69 баллов
		«неудовлетворительно»	Сумма баллов до 54 баллов включительно.

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	С. И. Богодухов, Е. С. Козик	Материаловедение : учебник / С. И. Богодухов, Е. С. Козик. — 2-е изд. — Москва : Машиностроение, 2020. — 504 с. — ISBN 978-5-907104-39-6.	Учебник	2020	ЭБС Лань
3	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"
3	Арисова В. Н.	Методы исследования материалов и процессов : учеб. пособие. Ч. 3. Рентгенографический анализ / В. Н. Арисова ; Волгоградский гос. техн.	Учебное пособие	2010	2

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
		ун-т. - Волгоград : ВГТУ, 2010. - 93, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 92. - ISBN 978-5-9948-0459-9 : 70-00. -			
4	Новиков И. И.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки : учеб. для вузов / И. И. Новиков, К. М. Розин. - Москва : Металлургия, 1990. - 336 с. : ил. - Библиогр.: с. 332. - Предм. указ.: с. 333-336	Учебное пособие	1990	46
5	В.К. Портной, А.И. Новиков, И.С. Головин	Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа. [Электронный ресурс]	Учебник	2015	ЭБС Лань

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 № 1489 от 28.12.2022-до 30.06.2023 включительно

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	Стол 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
	консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-214	
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	Стол 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	Стол ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет
5	Помещение для самостоятельной работы обучающихся Д-409	Стол-парты двухместные, стулья, стол преподавательский-, стул преподавательский, передвижная доска, экран, процессор, проектор, компьютерные столы, компьютеры для студентов с выходом в сеть интернет, компьютер преподавателя.
6	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. 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. Г-326	Стол ученические (моноблоки) двухместные, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая). Экран навесной, стационарный проектор, процессор, мышь компьютерная, пульт для проектора
7	Аудиторию для проведения веб-конференций УЛК-303	Стол, стулья, компьютер, камера, микрофон.