

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра цифровых технологий и машин в литейном производстве



УТВЕРЖДАЮ: УТВЕРЖДАЮ
Директор института технологий и
инженерной механики

Могильная Е.П. Могильная Е.П.

« 28 » 04 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Кристаллография и дефекты кристаллической решетки»

По направлению подготовки 22.03.02 Металлургия

Профиль «Литейное производство черных и цветных металлов и сплавов»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия. – 19 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 № 702.

СОСТАВИТЕЛЬ:

ст. преподаватель Шинкарева Т.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры цифровых технологий и машин в литейном производстве «11» 04 20 23 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой цифровых технологий и машин в литейном производстве _____ Свинороев Ю.А.

Переутверждена: «___» _____ 20___ г., протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института _____ «18» 04 20 23 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики _____ Ясунник С.Н.

© Шинкарева Т.А., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью изучения дисциплины «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» – является овладение студентами основных понятий и законов теории кристаллического строения, необходимых для понимания строения металлургических расплавов с целью управления и прогнозирования их свойств.

Задачи:

получение студентом необходимого объема знаний в области кристаллохимии, знание основных законов, типов структур;

освоение студентами материала по типу и классификации дефектов кристаллических структур, их свойствам, образованию, взаимодействию друг с другом;

изучение влияния дефектов на свойства и качество реальных металлов и сплавов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» относится к модулю профессиональных дисциплин. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания основных общеинженерных законов и закономерностей, используемых в кристаллографии, умения использовать полученные знания для решения задач кристаллографии в профессиональной деятельности, навыки для решения задач кристаллографии и выявления дефектов кристаллической решетки. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Математика», «Физика», «Химия» и служит основой для освоения дисциплин «Литейное материаловедение», «Производство отливок из сплавов цветных металлов», «Физико-химические основы металлургического производства».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания.	ОПК-1.5. Способен применять общеинженерные знания для решения задач в профессиональной деятельности.	Знать: основные общеинженерные законы и закономерности, используемые в кристаллографии.
		Уметь: использовать общеинженерные знания для решения задач кристаллографии в профессиональной деятельности.
		Владеть: навыками применения общеинженерных знаний для решения задач кристаллографии и выявления дефектов кристаллической решетки.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего) в том числе:	34	4
Лекции	17	2
Семинарские занятия		
Практические занятия	17	2
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)		
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	110	140
Форма аттестации	зачет с оценкой	зачет с оценкой

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основные понятия о кристаллах

Распространенность кристаллических веществ. Связь кристаллографии с другими науками. Важнейшие свойства кристаллов. Закон постоянства граничных углов

Тема 2. Структура кристаллов и пространственная решетка

Элементарная ячейка, её выбор, метрика. Кристаллическая структура материалов. Ретикулярная плотность сетки. Кристаллографические символы узлов, плоскостей и направлений в кристаллах кубической сингонии.

Тема 3. Элементы симметрии конечных фигур

Понятие о симметрии. Центр инверсии. Плоскости симметрии. Оси симметрии: простые поворотные и инверсионные. Обозначение элементов симметрии многогранников. Теоремы сложения элементов симметрии.

Тема 4. Симметрия структуры кристаллических веществ

Классы симметрии. Формула симметрии. Виды симметрии кристаллов, обладающих единичным направлением. Элементы симметрии бесконечных фигур. Винтовые оси симметрии. Плоскости скользящего отражения. Решётки Бравэ. Условия выбора ячеек Бравэ. Характеристика решёток Бравэ. Трансляционная группа, базис ячейки. Примеры выбора элементарной ячейки Бравэ.

Тема 5. Задачи, решаемые кристаллохимией

Координационное число, координационный полиэдр, число формульных единиц. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах. Основные типы структур. Основные категории кристаллохимии: морфотропия, полиморфизм, изоморфизм. Понятие об изотропии и анизотропии.

Тема 6. Атомные нарушения структуры кристалла. Точечные дефекты

Понятие об идеальном и реальном кристалле. Классификация дефектов кристаллического строения. Виды точечных дефектов. Искажение

кристаллической решётки вокруг точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов. Миграция точечных дефектов. Миграция вакансий. Миграция межузельных атомов. Миграция примесных атомов.

Тема 7. Атомные нарушения структуры кристалла. Линейные дефекты
Линейные дефекты. Краевая дислокация. Винтовая дислокация. Механизм образования дислокаций. Вектор Бюргерса. Плотность дислокаций. Перемещение дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Взаимодействие дислокаций друг с другом. Взаимодействие дислокаций с границами зерен и субзерен.

Тема 8. Поверхностные, или двумерные дефекты решетки
Дефекты упаковки. Границы зерен. Малоугловые и большеугловые границы зерен. Межфазные границы.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Очная форма	Заочная форма
1.	Основные понятия о кристаллах	2	0,5
2.	Структура кристаллов и пространственная решетка	3	
3.	Элементы симметрии конечных фигур	2	
4.	Симметрия структуры кристаллических веществ	2	
5.	Задачи, решаемые кристаллохимией	2	
6.	Атомные нарушения структуры кристалла. Точечные дефекты	2	0,5
7.	Атомные нарушения структуры кристалла. Линейные дефекты	2	0,5
8	Поверхностные, или двумерные дефекты решетки	2	0,5
Итого:		17	2

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Очная форма	Заочная форма
1.	Методы определения символов, узлов, плоскостей и направлений.	2	1
2.	Связь между символами плоскостей и направлений в кристаллах.	2	
3.	Изучение и практическое применение кристаллографических проекций.	2	
4.	Изучение элементов симметрии конечных фигур и симметрии структуры кристаллов.	2	
5.	Изучение и практическое применение решеток Бравэ.	2	
6.	Определение видов точечных дефектов.	2	
7.	Методы выявления дислокаций в металлах.	3	1
8	Методы определения поверхностных дефектов.	2	
Итого:		17	2

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Очная форма	Заочная форма
1.	Основные понятия о кристаллах	Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам. Подготовка к экзамену	13	17
2.	Структура кристаллов и пространственная решетка		13	17
3.	Элементы симметрии конечных фигур		14	17
4.	Симметрия структуры кристаллических веществ		14	17
5.	Задачи, решаемые кристаллохимией		14	18
6.	Атомные нарушения структуры кристалла. Точечные дефекты		14	18
7.	Атомные нарушения структуры кристалла. Линейные дефекты		14	18
8.	Поверхностные, или двумерные дефекты решетки		14	18
Итого:			110	140

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Аникина В.И., Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения / Аникина В. И. - Красноярск: СФУ, 2011. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-2195-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763821956.html>
2. Батаев И.А., Кристаллография. Обозначение и вывод классов симметрии: учебное пособие / Батаев И.А. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - 60 с. - ISBN 978-5-7782-2740-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778227408.html>

б) дополнительная литература:

1. Кристаллофизика [Электронный ресурс] / Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин - М. : Логос, 2017. Режим доступа: <http://client.studentlibrary.ru/book/ISBN9785986991825.html>
2. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов: учеб. пособие / И. И. Новиков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1983. - 232 с.
3. Кристаллография. Обозначение и вывод классов симметрии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Батаев И.А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. Режим доступа: <http://client.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778227408.html>
4. Косенко Н.Ф. Кристаллография и кристаллохимия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Косенко Н.Ф. - Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2017. Режим доступа: http://client.studentlibrary.ru/book/ghu_038.html

в) методическая литература:

1. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» для студентов направления подготовки 22.03.02 – «Металлургия», профиль «Литейное производство черных и цветных металлов и сплавов» / Сост.: Т.А. Шинкарева. - Луганск: ЛГУ им В. ДАЛЯ, 2022. – 32 с.
2. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 22.03.02 – Металлургия профиль «Литейное производство черных и цветных металлов и сплавов» /Сост: Ю. И. Гутько, Т.А. Шинкарева. - Луганск: ЛНУ им В. Даля, 2020. - 38 с.
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ / РЕКОМЕНДАЦИИ к самостоятельной работе студента по дисциплине «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» по направлению подготовки 22.03.02 – Металлургия / Сост: Т.А. Шинкарева. – Луганск: ЛГУ им В. Даля, 2021. – 25 с.

4. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ по дисциплине «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» (для студентов дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy) / Сост. Гутько Ю.И., Шинкарева Т.А. – Луганск: ЛГУ им. В. Даля, 2023. - 150 с.

г) интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <https://minobr.su>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

Российская Ассоциация Литейщиков – <http://www.ruscastings.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/sys/>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-1.	Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	ОПК-1.6. Способен применять инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности.	Тема 1. Основные понятия о кристаллах	2
				Тема 2. Структура кристаллов и пространственная решетка	2
				Тема 3. Элементы симметрии конечных фигур	2
				Тема 4. Симметрия структуры кристаллических веществ	2
				Тема 5. Задачи, решаемые кристаллохимией	2
				Тема 6. Атомные нарушения структуры кристалла. Точечные дефекты	2
				Тема 7. Атомные нарушения структуры кристалла. Линейные дефекты	2
				Тема 8. Поверхностные, или двумерные дефекты решетки	2

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал
оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	ОПК-1.6. Способен применять инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности.	знать: основные инженерные законы и закономерности, используемые в кристаллографии; уметь: использовать инженерные знания для решения задач кристаллографии в профессиональной деятельности; владеть: навыками применения инженерных знаний для решения задач кристаллографии и выявления дефектов кристаллической решетки.	Тема 1. Основные понятия о кристаллах Тема 2. Структура кристаллов и пространственная решетка Тема 3. Элементы симметрии конечных фигур Тема 4. Симметрия структуры кристаллических веществ Тема 5. Задачи, решаемые кристаллохимией Тема 6. Атомные нарушения структуры кристалла. Точечные дефекты Тема 7. Атомные нарушения структуры кристалла. Линейные дефекты Тема 8. Поверхностные, или двумерные дефекты решетки.	Вопросы для обсуждения (в виде докладов и сообщений); темы рефератов; задания к практическим занятиям; вопросы к контрольным работам; зачет с оценкой.

Фонды оценочных средств по дисциплине «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки»

**Вопросы для обсуждения на практических занятиях
(в виде докладов и сообщений)**

1. Методы определения символов, узлов, плоскостей и направлений.
2. Связь между символами плоскостей и направлений в кристаллах.
3. Изучение и практическое применение кристаллографических проекций.
4. Изучение элементов симметрии конечных фигур и симметрии структуры кристаллов.
5. Изучение и практическое применение решеток Бравэ.
6. Определение видов точечных дефектов.
7. Методы выявления дислокаций в металлах.
8. Методы определения поверхностных дефектов. Структура кристаллов и пространственная решетка.
9. Кристаллографическая символика. Связь между символами плоскостей и направлений.
10. Кристаллографические категории и сингонии. Кристаллографические проекции.
11. Симметрия структуры кристаллических веществ.
12. Задачи, решаемые кристаллохимией.
13. Точечные дефекты.
14. Основные типы дислокаций и их движение.
15. Дислокации в типичных металлических структурах.
16. Пересечение дислокаций.
17. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
18. Образование дислокаций.
19. Границы зерен и субзерен.
20. Торможение дислокаций.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству доклад, сообщение

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Доклад (сообщение) представлен(о) на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Доклад (сообщение) представлен(о) на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Доклад (сообщение) представлен(о) на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Доклад (сообщение) представлен(о) на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Темы рефератов:

1. Распространенность кристаллических веществ. Важнейшие свойства кристаллов.
2. Закон постоянства граничных углов.
3. Кристаллическая структура материалов.
4. Кристаллографические символы узлов, плоскостей и направлений в кристаллах кубической сингонии.
5. Кристаллографическая символика в гексагональной сингонии.
6. Понятие о симметрии. Плоскости симметрии.
7. Оси симметрии: простые поворотные и инверсионные.
8. Обозначение элементов симметрии многогранников.
9. Кристаллографические проекции.
10. Сферическая проекция. Стереографическая проекция. Гномостереографическая проекция.
11. Классы симметрии. Формула симметрии.
12. Виды симметрии кристаллов, обладающих единичным направлением.
13. Решётки Бравэ. Условия выбора ячеек Бравэ. Характеристика решёток Бравэ.
14. Основные категории кристаллохимии: морфотропия, полиморфизм, изоморфизм.
15. Классификация дефектов кристаллического строения.
16. Виды точечных дефектов.
17. Искажение кристаллической решётки вокруг точечных дефектов.
18. Термодинамика точечных дефектов.
19. Миграция точечных дефектов.
20. Краевая дислокация.
21. Скольжение краевой дислокации. Переползание краевой дислокации
22. Частичные дислокации Франка
23. Винтовая дислокация и её движение. Скольжение винтовой дислокации.
24. Смешанные дислокации и их движение. Призматические дислокации.
25. Полные дислокации в г. п. решетке
26. Полные дислокации в г. ц. к. решетке
27. Полные дислокации в о. ц. к. решетке

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству реферат/доклад (письменный)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Реферат представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел

	аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
4	Реферат представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). В оформлении допущены некоторые неточности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
3	Реферат представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). В оформлении допущены ошибки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
2	Реферат представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Задания для практических занятий:

Методы определения символов, узлов, плоскостей и направлений.

Практическое освоение методов определения кристаллографических символов узлов, плоскостей и направлений в кристаллах кубической сингонии и

Контрольные вопросы

1. Объясните, какую величину принимают за параметр ряда.
2. Объясните, что такое элементарная ячейка.
3. Дайте определение символа узла.
4. Объясните, что называют “метрикой” кристаллической решетки.
5. Объясните, почему по “метрике” можно идентифицировать вещество.
6. Дайте определение символа плоскости, индекса плоскости.
7. Объясните, что такое структурно-эквивалентные плоскости, как записать их символы в кубической ячейке.
8. Как определяют пространственную ориентацию кристаллографических плоскостей и направлений?

Символы плоскостей и направлений в кристаллах.

Практическое освоение методов определения связи между символами плоскостей и направлений в кристаллах и

Контрольные вопросы

1. Назовите, как различаются структурно-эквивалентные направления, их индексы для кубической ячейки.
2. Почему в гексагональной сингонии используют 4-х индексную систему?
3. Какие индексы можно менять в семействе структурно-эквивалентных плоскостей в гексагональной ячейке.
4. Почему третий по порядку индекс плоскости (направления) в гексагональной ячейке можно не писать.

5. Как можно определить третий индекс плоскости, зная два первых индекса в гексагональной ячейке.
6. Зарисуйте гексагональную ячейку, обозначьте кристаллографические оси, элементарные углы, элементарные трансляции.
9. Дайте определение оси зоны.
10. Какие грани в кристалле образуют пояс.
11. Объясните записи: $[110]$, $\langle 110 \rangle$.
12. Объясните записи (110) , $\{110\}$.

Изучение и практическое применение кристаллографических проекций и др.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству практическая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Вопросы к контрольным работам:

1. Важнейшие свойства кристаллов.
2. Закон постоянства граничных углов.
3. Элементарная ячейка, её выбор, метрика.
4. Кристаллическая структура материалов.
5. Ретикулярная плотность сетки.
6. Кристаллографические символы узлов, плоскостей и направлений в кристаллах кубической сингонии.
7. Понятие о симметрии.
8. Центр инверсии.
9. Плоскости симметрии.
10. Оси симметрии: простые поворотные и инверсионные.
11. Обозначение элементов симметрии многогранников.
12. Теоремы сложения элементов симметрии.
13. Классы симметрии.
14. Решётки Бравэ.
15. Условия выбора ячеек Бравэ.
16. Характеристика решёток Бравэ.

- 17.Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах.
- 18.Основные категории кристаллохимии: морфотропия, полиморфизм, изоморфизм.
- 19.Точечные дефекты. Виды точечных дефектов.
- 20.Понятие об идеальном и реальном кристалле.
- 21.Классификация дефектов кристаллического строения.
- 22.Искажение кристаллической решётки вокруг точечных дефектов.
- 23.Миграция точечных дефектов.
- 24.Миграция вакансий.
- 25.Миграция межузельных атомов.
- 26.Миграция примесных атомов.
- 27.Линейные дефекты.
- 28.Краевая дислокация.
- 29.Винтовая дислокация.
- 30.Механизм образования дислокаций.
- 31.Вектор Бюргерса.
- 32.Плотность дислокаций.
- 33.Перемещение дислокаций.
- 34.Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
- 35.Взаимодействие дислокаций друг с другом.
- 36.Взаимодействие дислокаций с границами зерен и субзерен.
- 37.Дефекты упаковки.
- 38.Границы зерен.
- 39.Малоугловые и большеугловые границы зерен.
- 40.Межфазные границы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Вопросы к зачету

1. Распространенность кристаллических веществ.
2. Связь кристаллографии с другими науками.
3. Важнейшие свойства кристаллов.
4. Закон постоянства граничных углов.
5. Элементарная ячейка, её выбор, метрика.
6. Кристаллическая структура материалов.

7. Ретикулярная плотность сетки.
8. Кристаллографические символы узлов, плоскостей и направлений в кристаллах кубической сингонии.
9. Понятие о симметрии.
10. Центр инверсии.
11. Плоскости симметрии.
12. Оси симметрии: простые поворотные и инверсионные.
13. Обозначение элементов симметрии многогранников.
14. Теоремы сложения элементов симметрии.
15. Классы симметрии.
16. Формула симметрии.
17. Виды симметрии кристаллов, обладающих единичным направлением.
18. Элементы симметрии бесконечных фигур.
19. Винтовые оси симметрии.
20. Плоскости скользящего отражения.
21. Решётки Бравэ.
22. Условия выбора ячеек Бравэ.
23. Характеристика решёток Бравэ.
24. Трансляционная группа, базис ячейки.
25. Примеры выбора элементарной ячейки Бравэ.
26. Координационное число, координационный полиэдр, число формульных единиц.
27. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах.
28. Основные типы структур.
29. Основные категории кристаллохимии: морфотропия, полиморфизм, изоморфизм.
30. Понятие об изотропии и анизотропии.
31. Точечные дефекты. Виды точечных дефектов.
32. Понятие об идеальном и реальном кристалле.
33. Классификация дефектов кристаллического строения.
34. Искажение кристаллической решётки вокруг точечных дефектов.
35. Миграция точечных дефектов.
36. Миграция вакансий.
37. Миграция межузельных атомов.
38. Миграция примесных атомов.
39. Линейные дефекты.
40. Краевая дислокация.
41. Винтовая дислокация.
42. Механизм образования дислокаций.
43. Вектор Бюргерса.
44. Плотность дислокаций.
45. Перемещение дислокаций.
46. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
47. Взаимодействие дислокаций друг с другом.

48. Взаимодействие дислокаций с границами зерен и субзерен.
 49. Дефекты упаковки.
 50. Границы зерен.
 51. Малоугловые и большеугловые границы зерен.
 52. Межфазные границы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «зачет с оценкой»

Шкала оценивания	Критерий оценивания	Шкала оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	не зачтено

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобренны изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)