

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1152161	Кристаллография

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Материаловедение и технологии металлических материалов	Код ОП 1. 22.03.01/33.01
Направление подготовки 1. Материаловедение и технологии материалов	Код направления и уровня подготовки 1. 22.03.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гриб Стелла Владимировна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	термообработки и физики металлов
2	Коэмец Ольга Аркадьевна	к.т.н., доцент	доцент	Термообработки и физики металлов

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Кристаллография

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Кристаллография» состоит из дисциплин «Основы кристаллографии», «Дефекты кристаллического строения». Изучение дисциплины модуля «Основы кристаллографии» позволяет сформировать представление о структуре, связях и взаимодействии микромира и макромира; формирует у студентов знания о морфологии, внутреннем строении и свойствах кристаллов. Изучение дисциплины модуля «Дефекты кристаллического строения» позволяет студентам освоить фундаментальные знания о взаимодействии дефектов как основных процессах, лежащих в основе современных методов упрочнения металлов и сплавов.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Основы кристаллографии	3
2	Дефекты кристаллического строения	5
ИТОГО по модулю:		8

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Дефекты кристаллического строения	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных	З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и

	закономерностей развития природы, человека и общества	решении задач профессиональной деятельности знаний У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности
Основы кристаллографии и	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы кристаллографии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Жилякова Мария Артемьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	термообработки и физики металлов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Жилякова Мария Артемьевна, Доцент, термообработки и физики металлов**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Кристаллография в системе научных знаний о твердом теле. Разделы и методы кристаллографии. Кристаллическое состояние. Ближний и дальний порядок. Аморфное состояние. Анизотропия и симметрия кристаллов. Эмпирические законы кристаллографии. Зарождение и рост кристаллов.
P2	Геометрическая кристаллография. Симметрия кристаллов	Структура кристалла и пространственная решетка. Метод кристаллографического индизирования. Закон целых чисел. Символы узлов, ребер и граней кристалла. Кристаллографические проекции кристалла: сферическая, стереографическая, гномостерео-графическая, гномоническая. Понятие точечной симметрии. Операции и элементы симметрии первого рода. Плоскость, центр и ось симметрии. Операции и элементы симметрии второго рода. Обозначение элементов симметрии на стереографических проекциях. Матричные представления преобразований симметрии. Теоремы о сочетании операций симметрии.

		<p>Единое направление в кристалле. Кристаллографические категории. Сингонии. Системы координат. Правила установки и формы примитивных ячеек.</p> <p>Классы симметрии. Формулы симметрии, символы классов. Точечные группы симметрии. Вывод и описание 32 классов симметрии. Стереографические проекции элементов симметрии.</p> <p>Формы кристаллов. Физически различные формы кристаллов. Определение символов граней и ребер кристаллов. Закон зон.</p>
РЗ	Структурная кристаллография	<p>Трансляция, вектор трансляции, минимальный трансляционный вектор. Решетки Бравэ.</p> <p>Элементы симметрии кристаллических структур: плоско-сти скользящего отражения (осевые, диагональные, алмазные), винтовые оси симметрии.</p> <p>Теоремы о сочетании операций симметрии структур.</p> <p>Пространственные группы симметрии.</p> <p>Правильная система точек. Понятие базиса.</p> <p>Определение взаимного векторного базиса.</p> <p>Обратная решетка. Объем ее элементарной ячейки. Направление и величина вектора обратной решетки. Узловой ряд. Соотношение между плоскостями и узлами прямой и обратной решетки.</p> <p>Двумерные прямоугольная и косоугольная обратные решетки. Анализ примитивных ячеек обратных решеток ГЦК и ОЦК-кристаллов. Построение элементарных ячеек обратных решеток кристаллов кубической и гексагональной сингоний.</p> <p>Основные сведения об экспериментальном определении структуры кристаллов.</p> <p>Формулы для определения периода идентичности и межплоскостного расстояния для кристаллов всех сингоний.</p> <p>Формулы для определения расстояния между двумя узлами решетки, углов между двумя плоскостями; между двумя направлениями; между плоскостью и направлением для кристаллов всех сингоний.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
---	---------------------------------	--	-------------	---------------------

Формирование социально-значимых ценностей	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности
---	--	---	---	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы кристаллографии

Электронные ресурсы (издания)

1. Батаев, И. А.; Кристаллография: обозначение и вывод классов симметрии : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575327> (Электронное издание)
2. Батаев, И. А.; Кристаллография: формы кристаллических многогранников : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575328> (Электронное издание)
3. Батаев, И. А.; Кристаллография: методы проецирования кристаллов : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575329> (Электронное издание)
4. Батаев, И. А.; Кристаллография: индентификация граней и ребер кристаллов : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576130> (Электронное издание)
5. Мордасов, Д. М.; Кристаллография : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, Тамбов; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/94346.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Шаскольская, М. П.; Кристаллография : учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1984 (13 экз.)
2. Новиков, И. И., Розин, К. М.; Кристаллография и дефекты кристаллической решетки : Учебни для вузов по специальности "Металловедение, оборуд. и технология терм. обраб. металлов"; Металлургия, Москва; 1990 (23 экз.)
3. Васильев, Д. М.; Кристаллография : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Материаловед. и технология новых материалов"; Издательство СПбГПУ, Санкт-Петербург; 2003 (11 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы кристаллографии

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Дефекты кристаллического строения

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гриб Стелла Владимировна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	термообработки и физики металлов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Гриб Стелла Владимировна, Доцент, термообработки и физики металлов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Дефекты кристаллической решетки	<p>Совершенный и несовершенный кристалл. Дефекты кристаллического строения и их влияние на свойства металлов. Классификация дефектов.</p> <p>Виды точечных дефектов. Вакансия, ее энергия. Равновесная концентрация вакансий. Источники и стоки вакансий. Миграция вакансий. Межузельные атомы. Их энергия, равновесная концентрация и миграция. Неравновесные точечные дефекты, способы их введения в кристалл. Атомы внедрения. Атомы замещения. Комплексы точечных дефектов.</p> <p>Линейные дефекты. Определение дислокации. Контур Бюргерса и вектор Бюргерса. Теорема о постоянстве вектора Бюргерса. Плоскость скольжения дислокации. Краевая, винтовая и смешанная дислокации. Движение дислокаций: скольжение и переползание краевой дислокации, поперечное скольжение винтовой дислокации, движение смешанной дислокации. Плоский и пространственный источники Франка-Рида.</p> <p>Основы теории упругости: компоненты деформации. Тензор деформации. Уравнение Коши. Связь между тензорами напряжений и деформаций.</p> <p>Дислокации в непрерывной упругой среде. Дислокации Вольтерры. Поле напряжений дислокации. Упругая энергия</p>

		<p>дислокации. Линейное напряжение дислокации. Силы, действующие на дислокацию в поле внешних напряжений.</p> <p>Упругое взаимодействие параллельных дислокаций в одной плоскости. Плоское дислокационное скопление.</p> <p>Взаимодействие дислокаций в параллельных плоскостях скольжения. Образование точечных дефектов при аннигиляции дислокаций. Дислокационные стенки и диполи. Контактное взаимодействие дислокаций. Пересечение дислокаций.</p> <p>Движение дислокаций с порогами. Дислокации в металлических кристаллах: единичные частичные дислокации, системы скольжения дислокаций, дислокационные реакции, критерий Франка, образование барьера Ломер-Коттрелла.</p> <p>Поворотные дислокации Вольтерры – дисклинации. Дисклинации кручения (винтовая) и клиновая. Знак дисклинации. Вектор Франка. Энергия прямолинейной клиновой дисклинации. Полные и частичные дисклинации.</p> <p>Поверхностные дефекты. Большеугловые границы. Структура большеугловых границ, зернограницные дислокации и ступеньки. Специальные границы. Решетка совпадающих узлов. Энергия произвольных и специальных большеугловых границ. Граница наклона кручения. Дислокационные модели малоугловых границ. Энергия малоугловой границы. Межфазные границы когерентные и некогерентные. Объемные дефекты.</p>
P2	Взаимодействие дефектов кристаллической решетки	<p>Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.</p> <p>Междислокационное взаимодействие: упругое, контактное.</p> <p>Взаимодействие дислокаций с двумерными дефектами: со свободной поверхностью кристалла, с малоугловыми и большеугловыми границами. Взаимодействие дислокаций с порами, трещинами и дисперсными частицами фаз. Основные механизмы упрочнения металлических материалов.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Формирование социально-значимых ценностей	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей	З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессионально

			развития природы, человека и общества	й деятельности знаний
--	--	--	---	--------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дефекты кристаллического строения

Электронные ресурсы (издания)

1. , Чуканова, , А. Н.; Физика конденсированного состояния. Дефекты строения в металлах : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/115191.html> (Электронное издание)
2. , Чуканова, , А. Н.; Физика конденсированного состояния. Прочность и разрушение материалов : учебник.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/115192.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Бараз, В. Р., Левченко, В. П., Повзнер, А. А., Сидоренко, Ф. А.; Строение и физические свойства кристаллов : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (25 экз.)
2. Новиков, И. И.; Дефекты кристаллического строения металлов : Учеб. пособие для вузов.; Металлургия, Москва; 1983 (41 экз.)
3. Новиков, И. И., Розин, К. М.; Кристаллография и дефекты кристаллической решетки : Учебни для вузов по специальности "Металловедение, оборуд. и технология терм. обраб. металлов".; Металлургия, Москва; 1990 (23 экз.)
4. Новиков, И. И.; Дефекты кристаллического строения металлов : учеб. пособие для вузов.; Металлургия, Москва; 1975 (25 экз.)
5. Ермаков, С. С.; Физика металлов и дефекты кристаллического строения : Учеб. пособие.; ЛГУ, Ленинград; 1989 (10 экз.)
6. Коттрелл, А. Х.; Теория дислокаций; Мир, Москва; 1969 (15 экз.)
7. Петров, А. Н.; Твердые материалы. Химия дефектов. Структура и свойства твердых тел : [учеб. пособие для вузов].; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2008 (98 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дефекты кристаллического строения

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES