



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

9 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института электроэнергетики и
электроники

Р.В. Ахметова

30 мая 2023 г..

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.02.02. Кристаллография

Направление подготовки	11.03.04. Электроника и наноэлектроника
Направленность(и) (профиль(и))	Материалы и технологии электроники
Квалификация	<u>Бакалавр</u>

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Материаловедение и технологии материалов	Доцент, к.т.н.	Павлова Алиса Максимовна

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	МВТМ	17.05.23	№10	_____ Зав.каф., д.х.н., доц. Давлетбаев Р. С.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	30.05.2023	№8	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	№9	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины Кристаллография является:

- получение систематизированного представления о закономерностях строения кристаллов, их симметрии;
- знание о взаимосвязи состава, структуры и физических свойств кристаллов;
- знание элементов и операций симметрии кристаллов;
- знание основных структурных типов кристаллических веществ;
- овладение навыками кристаллографических расчетов. _
- подготовка выпускника к производственной деятельности в создании материалов с заданными технологическими и функциональными свойствами для различных областей техники и технологии

Задачами дисциплины являются: овладение знаниями:

- закономерностей, связывающих химический состав, структуру (строение) и свойства материалов;
- закономерностей изменения свойств материалов в процессе изготовления и эксплуатации изделий;
- методов целенаправленного изменения механических свойств материалов;
- строения, свойств и областей применения основных видов промышленных кристаллических и поликристаллических материалов, используемых для производства электронной техники.
- основных понятий металлографии;
- методов металлографических исследований металлов и сплавов

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен использовать на практике знания о структуре, свойствах, назначении и технологиях получения материалов, наноструктур	ПК-1.1 Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Математика, Физика, Химия, Начертательная геометрия и инженерная графика, Физические основы электроники, Материаловедение, Магнитные элементы электронных устройств, Структура и свойства материалов электроники, Химические основы технологии материалов

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Методы исследования и контроля материалов электронной техники, Технологии новых материалов, Физика и диагностика поверхности,

Композиционные материалы, Наноматериалы и нанотехнологии, Нанoeлектроника, Производственная практика (научно-исследовательская работа), Производственная практика (проектная), Производственная практика (проектно-технологическая), Производственная практика (преддипломная)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			5
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	81	81
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,89	68	68
Лекции	0,94	34	34
Практические (семинарские) занятия	0,5	18	18
Лабораторные работы	0,45	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,11	76	76
Проработка учебного материала	1,11	40	40
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	43	10	8	6	19	ТК1	ПК-1.13, ПК-1.1У, ПК-1.1В
Раздел 2	31	8		4	19	ТК2	ПК-1.13, ПК-1.1У,
Раздел 3	33	8		6	19	ТК3	ПК-1.13, ПК-1.1У,
Раздел 4.	37	8	8	2	19	ТК4	ПК-1.13, ПК-1.1У, ПК-1.1В
Экзамен	36				36	ОМ 1	ПК-1.13, ПК-1.1У, ПК-1.1В
ИТОГО	180	34	16	18	112		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Геометрия кристаллического пространства. (34 часа)

Тема 1.1. Введение Предмет и разделы кристаллографии. Исторические сведения. Задачи, решаемые кристаллографией.

Тема 1.2. Кристаллическое вещество. Понятие пространственной решетки. Индексы узлов решетки, узловых рядов и узловых плоскостей.

Тема 1.3. Методы проецирования кристаллов. Сетка Вульфа. Примеры задач, решаемых с помощью сетки Вульфа.

Тема 1.4. Обратная решетка. Определение характеристик кристаллической структуры с помощью обратной пространственной решетки. Расчетные формулы аналитической геометрии кристаллического пространства.

Тема 1.5. Преобразование координат точек и индексов узловых рядов и плоскостей при изменении базиса кристаллографической системы координат.

Раздел 2. Точечная симметрия кристаллов. (22 часа)

Тема 2.1. Понятие о симметрии. Операции и элементы симметрии кристаллов. Матричный метод описания операций симметрии. Элементы симметрии I и II рода. Взаимодействие элементов симметрии.

Тема 2.2. Основные положения теории групп. Кристаллографические группы симметрии. Обозначения групп симметрии по А.Шенфлису.

Тема 2.3. Кристаллографические координатные системы, кристаллографические категории, сингонии. Международные обозначения классов симметрии (символика Германа-Могена). Символы групп низшей, средней и высшей категорий.

Раздел 3. Пространственная симметрия кристаллических структур (24 часа)

Тема 3.1. Решетки Бравэ. Решетки Бравэ в гексагональной сингонии. Соотношения между примитивными и центрированными элементарными ячейками.

Тема 3.2. Операции симметрии атомных структур кристаллов. Понятие о пространственных группах кристаллов. Принципы вычерчивания графиков пространственных групп симметрии. Выбор начала координат.

Тема 3.3. Правильные системы точек и их характеристики. Понятие о структурном типе. Структурные типы кристаллов химических элементов.

Тема 3.4. Структурные типы соединений с общей формулой A_nX . Структурные типы соединений с формулами A_2X и A_nX_2 . Некоторые структурные типы соединений $A_mB_nC_k$.

Раздел 4. Дефекты структур (28 часов)

Тема 4.1. Дефекты структур

3.4. Тематический план практических занятий

Практическая работа № 1. Типы кристаллических решеток

Практическая работа № 2. Расчет плотности поликристаллическим веществ рентгенографическим методом

Практическая работа № 3. Геометрия кристаллической решетки

Практическая работа № 4-5. Точечная симметрия кристаллов. Простые формы кристаллов.

Практическая работа № 6. Пространственная симметрия кристаллов. Решетки Бравэ.

Практическая работа № 7. Основы кристаллохимии. Плотнейшие упаковки

Практическая работа № 8. Основы кристаллохимии. Структурные типы

Практическая работа № 9. Точечные дефекты, Дислокации

3.5. Тематический план лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Стереографические проекции плоскостей и направлений в кристаллах

Лабораторная работа № 2. Простые формы кристаллов

Лабораторная работа № 3. Реальные и идеальные формы кристаллов

Лабораторная работа № 4. Кристаллизация металлов и солей

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.1	<p>знать:</p> <p>структуру, физико-механические свойства, назначение и технологии получения материалов, наноструктур</p>	<p>Четкие знания о структуре, физико-механических свойств, назначении и технологиях получения материалов, наноструктур</p>	<p>Разбирается в структуре, физико-механических свойствах, назначении и технологиях получения материалов и наноструктур, имеют место несколько негрубых ошибок</p>	<p>Слабо знает структуру, физико-механические свойства, назначение и технологии получения материалов и наноструктур, имеют место много негрубых ошибок</p>	<p>Не знает структуру, физико-механические свойства, назначение и технологии получения материалов и наноструктур, имеют место много грубых ошибок</p>

		уметь:				
<p>Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации</p>	<p>Демонстрирует все основные умения применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации. Выполнены все задания в полном объеме</p>	<p>Демонстрирует все основные умения применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации. Выполнены все задания в полном объеме, но с некоторыми недочетами</p>	<p>Демонстрирует основные умения применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации. Выполнены все задания, но не в полном объеме</p>	<p>При решении стандартных задач не демонстрирует умения применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации. Имеют место грубые ошибки</p>		
	владеть:					
<p>Навыками применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации</p>	<p>Демонстрирует полные навыки применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур</p>	<p>Демонстрирует базовые навыки применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур</p>	<p>Имеет минимальный набор навыков применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур</p>	<p>При решении стандартных задач не демонстрирует базовые навыки применения знаний о структуре, физико-химических свойствах</p>		

			тур при исследовании их параметров и модификации при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	тур при исследовании их параметров и модификации при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	наноструктур при исследовании их параметров и модификации при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	х, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации имеют место грубые ошибки
--	--	--	---	--	---	---

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Мордасов, Д. М. Кристаллография : учебное пособие / Д. М. Мордасов, В. В. Строкова, И. В. Жерновский. — Тамбов : ТГТУ, 2018. — 84 с. — ISBN 978-5-8265-1995-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/319694>.

2. Основы кристаллографии : учебное пособие / О. В. Юшкова, А. С. Белоногова, А. И. Надолько, Безруких. — Красноярск : СФУ, 2020. — 324 с. — ISBN 978-5-7638-4181-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181556>.

3. Новоселов, К. Л. Основы геометрической кристаллографии : учебное пособие / К. Л. Новоселов. — Томск : ТПУ, 2015. — 73 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/82844>.

4. Батаев, И. А. Кристаллография. Методы проецирования кристаллов : учебное пособие / И. А. Батаев, А. А. Батаев, Д. В. Лазуренко. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-7782-3286-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118087>.

5. Батаев, И. А. Кристаллография. Формы кристаллических многогранников : учебное пособие / И. А. Батаев. — Новосибирск : НГТУ,

2016. — 67 с. — ISBN 978-5-7782-2888-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118481>.

5.1.2. Дополнительная литература

1. [Розин, Евгений Геннадьевич](#). Симметрия и ее применение в физике : учебно-методическое пособие / Е. Г. Розин, В. Г. Комин. - Иваново : ИГЭУ, 2017. - 60 с. - URL: <https://elib.ispu.ru/node/4553>. - Текст : электронный.
2. [Артамонов, Вячеслав Александрович](#). Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии : учебное пособие / В. А. Артамонов, Ю. Л. Словохотов. - М. : Академия, 2005. - 512 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-2137-6. - Текст : непосредственный.
3. Брагина, В. И. Кристаллография, минералогия и обогащение полезных ископаемых : учебное пособие / В. И. Брагина. — Красноярск : СФУ, 2012. — 152 с. — ISBN 978-5-7638-2647-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/45695>.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	http://nlr.ru/
2	Web of Science	https://webofknowledge.com/	https://webofknowledge.com/
3	Scopus	https://www.scopus.com	https://www.scopus.com
4	КиберЛенинка	В https://cyberleninka.ru	В https://cyberleninka.ru/
5	Мировая цифровая библиотека	В http://wdl.org	В http://wdl.org
6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru
7	Национальная электронная библиотека	https://rusneb.ru/	https://rusneb.ru/

	(НЭБ)		
8	Техническая библиотека	http://techlibrary.ru	http://techlibrary.Ru
9	eLIBRARY.RU	www.elibrary.ru	www.elibrary.ru

Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование	Адрес	Режим доступа
1	«Консультант плюс»	http://www.consultant.ru/	http://www.consultant.ru/
2	ИСС «Кодекс» / «Техэксперт»	http://app.kgeu.local/Home/Apps	http://app.kgeu.local/Home/Apps
3	«Гарант»	http://www.garant.ru/	http://www.garant.ru/

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows Server CAL 2008 Russian Open License Pack NoLevel Academic Edition Usr CAL	Серверная операционная система от компании Microsoft.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №32081/KZN12 от 14.03.2012 Неискл. право. Бессрочно
2	SQL CAL 2008R2 Russian OpenLicensePack NoLevel AcademicEdition UsrCAL	Серверная операционная система от компании Microsoft.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №32081/KZN12 от 14.03.2012 Неискл. право. Бессрочно
3	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
4	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
5	Office Professional Plus 2007 Windows32 Russian DiskKit MVL CD	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №225/10 от 28.01.2010 Неискл. право. Бессрочно

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), учебно-наглядные пособия.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «А-210, А-202, А-217», _____	Микроскоп, предметные стекла, палочка, калька, сетка Вульфа, транспортир, набор деревянных и реальных моделей кристаллов.
	Компьютерный класс с выходом в Интернет А-217	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал Библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов,

заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в

соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим

негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая кафедра)
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.В.ДЭ.01.02.02. Кристаллография

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки 11.03.04. Электроника и наноэлектроника

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.1	знать:				
		структуру, физико-механические свойства, назначение и технологии получения материалов, наноструктур	Четкие знания о структуре, физико-механических свойств, назначении и технологиях получения материалов, наноструктур	Разбирается в структуре, физико-механических свойствах, назначении и технологиях получения материалов и наноструктур, имеют место несколько негрубых ошибок	Слабо знает структуру, физико-механические свойства, назначение и технологии получения материалов и наноструктур, имеют место много негрубых ошибок	Не знает структуру, физико-механические свойства, назначение и технологии получения материалов и наноструктур, имеют место много грубых ошибок
		уметь:				
		Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании	Демонстрирует все основные умения применения знаний о структуре, физико-химических	Демонстрирует все основные умения применения знаний о структуре, физико-химических	Демонстрирует основные умения применения знаний о структуре, физико-химических	При решении стандартных задач не демонстрирует умения применения знаний о

	их параметров и модификации	свойствах , технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации. Выполнены все задания в полном объеме	свойствах , технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации. Выполнены все задания в полном объеме, но с некоторыми недочетами	свойствах , технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации. Выполнены все задания, но не в полном объеме	структуре, физико-химических свойствах, технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации. Имеют место грубые ошибки
владеть:					
	Навыками применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации	Демонстрирует полные навыки применения знаний о структуре , физико-химических свойствах , технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации при решении нестандартных задач без ошибок и	Демонстрирует базовые навыки применения знаний о структуре , физико-химических свойствах , технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации при решении стандартных задач с некоторыми	Имеет минимальный набор навыков применения знаний о структуре , физико-химических свойствах , технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации при решении стандартных задач с некоторыми	При решении стандартных задач не демонстрирует базовые навыки применения знаний о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материал ов и наноструктур при исследовании их параметр ов и модификации

			недочетов	недочета ми	ми недочета ми	ации имеют место грубые ошибки
--	--	--	-----------	----------------	----------------------	--

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение лабораторных и практических работ в семестре; тестовых заданий; полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение лабораторных и практических работ в семестре; тестовых заданий; ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение лабораторных и практических работ в семестре и тестовых заданий;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение лабораторных и практических работ в семестре и тестовых заданий.

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы	Темы рефератов
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-1.1 Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 1
«Стереографические проекции плоскостей и направлений в кристаллах»**

1. Каков принцип построения сферической проекции?
2. Что представляют собой проекции граней и нормалей к граням?
3. Что представляет собой стереографическая проекция кристалла?
Как обозначаются проекции плоскости и направления?
4. В чем преимущества стереографических проекций перед другими видами проекций?
5. Постройте стереографическую проекцию элементов симметрии куба, если ось симметрии L_3 перпендикулярна плоскости проекции.
6. Что собой представляют сетка Вульфа и стандартные стереографические проекции?
7. Как найти точку по заданным сферическим координатам?
8. Как измерить угловое расстояние между двумя точками?
9. Как найти стереографическую проекцию оси зоны?

Контрольные вопросы к практической работе № 1. «Типы кристаллических решеток»

1. Дайте определения ионных кристаллов.
2. Покажите, что собой представляют молекулярные кристаллы.
3. Объясните, что понимают под ленточными (или цепочечными) молекулами.
4. Приведите дефиницию понятий «слоистые структуры».
5. Покажите, что собой представляют решетки Браве.
6. Объясните, что понимают под «направлением решетки» и «векторным соотношением».
7. Охарактеризуйте индексы Миллера–Браве (гексагональные кристаллы).

Контрольные вопросы к практической работе №2. «Расчет плотности поликристаллическим веществ рентгенографическим методом»

1. Расскажите, что такое плотность. Перечислите известные ее виды.
2. Укажите, что такое ближний и дальний порядок связи.
3. Дайте определение сингонии. Чем она характеризуется?
4. Продемонстрируйте, какими параметрами описывается кристаллическая решетка.

5. Объясните, что показывает значение рентгенографической плотности. Обоснуйте, с чем связано ее несовпадение со справочными величинами

Контрольные вопросы к практической работе № 3. «Геометрия кристаллической решетки»

1. Какие вы знаете элементарные ячейки?
2. Что такое узловой ряд?
3. Какие бывают индексы узлового ряда?
4. Что такое базис кристаллической решетки?
5. Что такое базисные векторы трансляций?
6. Как записать матрицу перехода к новой кристаллографической системе координат?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-1.1 Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2 «Простые формы кристаллов»

1. Что первично для кристаллов: внешняя форма или внутреннее строение?
2. Что представляют собой простые формы кристаллов?
3. Какие простые формы возможны: а) в низшей категории; б) в средней категории; в) в высшей категории?
4. Какими бывают пирамиды, призмы и дипирамиды?
5. Чем отличается тетраэдр кубической сингонии от ромбического тетраэдра?
6. Какие кристаллы называются энантиоморфными?
7. Чем отличается тетрагональная дипирамида от октаэдра?
8. Какие есть способы определения названий простых форм?

Контрольные вопросы к практической работе № 4-5. «Точечная симметрия кристаллов. Простые формы кристаллов»

1. Какие Вы знаете типы сингоний?
2. Какие Вы знаете типы симметрий?
3. Какие Вы знаете типы простых форм?
4. Какие Вы знаете типы проекций?
5. Что такое гномостереографическая проекция простых форм?
6. Назовите индексы всех граней ромбододекаэдра.
7. В каких группах встречаются такие простые формы, как тригональная пирамида; тригональная бипирамида; дитригональная пирамида; дитригональная бипирамида.

**Контрольные вопросы к практической работе № 6.
«Пространственная симметрия кристаллов. Решетки Бравэ»**

1. Какие Вы знаете типы решеток Бравэ.
2. Какие Вы знаете элементарные решетки?
3. Какие Вы знаете проекции элементарных решеток?
4. Показать, что не существует решетки с центрировкой только двух пар граней.

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-1.1 Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 3 «Реальные и идеальные формы кристаллов»

1. Чем реальная форма кристалла отличается от идеальной?
2. Какие факторы влияют на форму растущего кристалла?
3. Как зависит форма кристалла от относительных скоростей роста граней?
4. Назовите типичные реальные формы кристаллов

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 4 «Кристаллизация металлов и солей»

1. Приведите основные характеристики кристаллической структуры.
2. Почему не совпадают теоретическая и фактическая температуры кристаллизации?
3. Как влияет степень переохлаждения на процесс кристаллизации металла?
4. Как изменяются размеры кристаллов в зависимости от числа центров кристаллизации и скорости линейного роста кристаллов?
5. Как влияют посторонние примеси в расплаве на размеры кристаллов?
6. Какие условия влияют на образование вытянутых древовидных кристаллов (дендритов)?
7. Какими условиями кристаллизации определяется неоднородность дендритного строения металла в сечении слитка или отливки?
8. Каковы причины изменения скорости кристаллизации соли из раствора?

Контрольные вопросы к практической работе № 7. «Основы кристаллохимии. Плотнейшие упаковки»

1. Какие Вы знаете элементы симметрии упаковки?
2. Какие Вы знаете группы симметрии. Опишите их.
3. Какие Вы знаете виды симметрии упаковки?
4. Какие Вы знаете виды однородной деформации?
5. Какие Вы знаете порядки осей? В чем их сходство и различие?

6. Как рассчитывается плотность заполнения для различных упаковок?

Контрольные вопросы к практической работе № 8. «Основы кристаллохимии. Структурные типы»

1. Какие Вы знаете структурные типы кристаллов?
2. Как определить симметрию позиций в кристаллическом пространстве различных атомов?
3. Сформулировать закон заполнения пустот
4. Сформулировать закон плотнейшей упаковки
5. Какие Вы знаете пространственные группы кристаллов.
6. Как вычисляется кратчайшее расстояние между атомами
7. Как определить координационные многогранники атомов структуры
8. Выведите формулу для расчета атомного радиуса металлов зная длину ребра элементарной ячейки, структуры которых описывается трехслойной плотнейшей упаковкой
9. Выведите формулу для вычисления плотности кристалла, если известен его состав и атомная структура.

Контрольные вопросы к практической работе № 9. «Точечные дефекты, Дислокации»

1. Какие Вы знаете типы дефектов кристаллов?
2. Как определить число, тип, координаты и симметрию межатомных пустот (междоузлий) в структуре металла?
3. Как оценить дефектность структуры?
4. Как определить точечную симметрию дефекта Шотки?
5. Что такое векторы Бюргерса?
6. Что называют дефектом упаковки?
7. Опишите дефекты упаковки внедрения
8. Опишите дефекты упаковки вычитания
9. Опишите образование двойника.
10. Опишите частичные дислокации Шокли

Тестовые задания (ТЗ)

Примеры тестовых заданий:

Тестовые задания для ТКЗ

Задание 1.

Свойство, заключающееся в способности вещества существовать в различных кристаллических модификациях, называется...

- *полиморфизмом
- анизотропией
- изомерией
- изоморфизмом

Задание 2.

Кристаллическая решетка, представленная на рисунке, называется..

*гранцентрированной кубической
объемно-центрированной кубической
гексагональной плотноупакованной
примитивной кубической

Задание 3

Дефект кристаллической решетки, представляющий собой край лишней полуплоскости, – это

вакансия
*дислокация
граница блок
трещина

Задание 4

Точечный дефект кристаллической решетки – это

*вакансия
дислокация
граница блок
трещина

Задание 5

Поверхностными дефектами кристаллической решетки являются

трещины
*границы зерен
раковины
вакансии

Задание 6

Возникновение трещин при разрушении происходит при развитии процесса

скопления вакансий

*скопления дислокаций
полигонизации
рекристаллизации

Задание 7

Излом, возникающий при длительном воздействии циклических нагрузок, называется

*Усталостный
Хрупкий
Вязкий
Горячий

Задание 8

Двойники, как дефекты кристаллического строения относятся к виду

Точечных
Линейных
*Поверхностных
Объемных

Задание 9

Характеристика решетки, определяющая число атомов, находящихся на наименьшем равном расстоянии от данного атома, называется...

* координационным числом
базисом
коэффициентом компактности
параметром решетки

Задание 10

Переход жидкого вещества в твердое называется:

*Кристаллизацией
Плавлением
Возгонкой
Испарением

Для промежуточной аттестации:

Вопросы к экзамену

1. Предмет и задачи кристаллографии. Исторические сведения.
2. Кристаллическое вещество. Понятие пространственной решетки. Индексы узлов решетки, узловых рядов и узловых плоскостей.
3. Методы проецирования кристаллов. Сетка Вульфа. Примеры задач, решаемых с помощью сетки Вульфа.
4. Обратная решетка. Определение характеристик кристаллической структуры с помощью обратной пространственной решетки.
5. Обратная решетка. Расчетные формулы аналитической геометрии кристаллического пространства.
6. Преобразование координат точек и индексов узловых рядов и плоскостей при изменении базиса кристаллографической системы координат.
7. Понятие о симметрии. Операции и элементы симметрии кристаллов. Матричный метод описания операций симметрии.
8. Понятие о симметрии. Элементы симметрии I и II рода. Взаимодействие элементов симметрии.
9. Основные положения теории групп. Кристаллографические группы симметрии. Обозначения групп симметрии по А.Шенфлису.
10. Кристаллографические координатные системы, кристаллографические категории, сингонии.
11. Международные обозначения классов симметрии (символика Германа-Могена). Символы групп низшей, средней и высшей категорий.
12. Решетки Бравэ. Решетки Бравэ в гексагональной сингонии.
13. Решетки Браве. Соотношения между примитивными и центрированными элементарными ячейками.
14. Операции симметрии атомных структур кристаллов. Понятие о пространственных группах кристаллов.
15. Принципы вычерчивания графиков пространственных групп симметрии. Выбор начала координат.
16. Правильные системы точек и их характеристики. Понятие о структурном типе.
17. Структурные типы кристаллов химических элементов.
18. Структурные типы соединений с общей формулой AX.
19. Структурные типы соединений с формулами A_2X и AX_2 .
20. Некоторые структурные типы соединений $A_mB_nC_k$.
21. Дефекты структур