МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П.Е. Троян
«19» 12 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	46	46	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет с оценкой	3

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 19.12.2018
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск

Согласована на портале № 63600

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Ознакомление студентов с элементами теории симметрии в её применении к описанию структуры и свойств кристаллических тел, принципами проявления симметрии в физических свойствах этих тел, а также знакомство с математическим аппаратом, служащим для описания физических свойств в рамках симметрийно-тензорного подхода.

1.2. Задачи дисциплины

1. Знание основных элементов точечной симметрии и их свойства, а также умение находить элементы симметрии в элементарной ячейке материалов электронной техники.
2. Умение определять сингонию кристалла, а также находить элементы симметрии по международному символу его точечной группы кристалла.
3. Знание принципов и критериев определения возможности наблюдения в кристаллах заданной симметрии физических свойств различной направленности.
4. Знание принципов и критериев определения возможности наблюдения в кристаллах заданной симметрии физических свойств различной направленности.
5. Знание основных физических свойств в кристаллах и подходов к их математическому описанию.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.12.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 63600

ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знание фундаментальных законов естественных наук и математики
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умение анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владение практическими навыками решения инженерных задач
Профессиональные компетенции		
ПКР-7. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПКР-7.1. Знает принципы учета видов и объемов производственных работ.	Знание принципов учета видов и объемов производственных работ.
	ПКР-7.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования.	Умение осуществлять регламентное обслуживание оборудования.
	ПКР-7.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации.	Владение навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	62	62
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	46	46
Подготовка к зачету с оценкой	21	21
Подготовка к тестированию	16	16

Согласована на портале № 63600

Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	9	9
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Введение в науку о материалах электронной техники.	1	1	4	3	9	ОПК-1, ПКР-7
2 Основные сведения о материалах электронной техники.	1	1	-	2	4	ОПК-1, ПКР-7
3 Структура кристалла и его описание : обратная решетка, индексы Миллера	5	2	-	3	10	ОПК-1, ПКР-7
4 Теория симметрии кристаллов: элементы точечной симметрии, их свойства и матричное представление	4	2	4	5	15	ОПК-1, ПКР-7
5 Изображение структуры кристаллов, стереографическая проекция	2	1	-	2	5	ОПК-1, ПКР-7
6 Классификация кристаллов: категории и сингонии, точечные группы симметрии, их символики	2	2	-	3	7	ОПК-1, ПКР-7
7 Элементы математического аппарата кристаллофизики, предельные группы симметрии, принципы кристаллофизики	3	2	4	6	15	ОПК-1, ПКР-7
8 Описание физических свойств кристаллов тензорами различного ранга	2	1	-	4	7	ОПК-1, ПКР-7
9 Тензоры первого и второго ранга, их свойства и составляющие	4	3	4	10	21	ОПК-1, ПКР-7
10 Тензоры высших рангов, их внутренняя и внешняя симметрия	4	3	-	8	15	ОПК-1, ПКР-7
Итого за семестр	28	18	16	46	108	
Итого	28	18	16	46	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 63600

1 Введение в науку о материалах электронной техники.	Приводятся сведения о задачах, решаемых наукой о материалах, используемых в современной электронной технике.	1	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	1	
2 Основные сведения о материалах электронной техники.	Приводятся сведения о классификации материалов по свойствам и строению. Формулируются принципы деления материалов и диапазоны значений основных параметров различных материалов.	1	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	1	
3 Структура кристалла и его описание : обратная решетка, индексы Миллера	Из рассмотрения кристаллической решетки вводится кристаллографическая система координат, способы идентификации узла решетки, направления в ней и кристаллографические плоскости. Обосновывается необходимость и вводится обратная решетка кристалла. Символы и индексы Миллера для узлов, направлений плоскостей.	5	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	5	
4 Теория симметрии кристаллов: элементы точечной симметрии, их свойства и матричное представление	Вводятся элементы точечной симметрии кристаллов, их свойства и описание их действия с помощью ортогонального преобразования системы координат	4	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	4	
5 Изображение структуры кристаллов, стереографическая проекция	Рассматриваются способы изображения пространственной структуры элементарной ячейки на плоскости. Анализируется возможность отображать с помощью стереографической проекции. Приводятся примеры стереографической проекции и их расшифровка.	2	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	2	
6 Классификация кристаллов: категории и сингонии, точечные группы симметрии, их символики	Рассматривается классификация кристаллов на категории, системы, сингонии по наличию и сочетанию элементов симметрии. Проводится выделение в точечные группы симметрии кристаллов, относящихся к отдельным категориям, сингониям.	2	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 63600

7 Элементы математического аппарата кристаллофизики, предельные группы симметрии, принципы кристаллофизики	Из рассмотрения симметрии физических свойств кристаллов и внешних воздействий в число элементов симметрии вводятся оси симметрии бесконечного порядка. Образование предельных групп симметрии. Принцип Неймана и принцип Кюри.	3	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	3	
8 Описание физических свойств кристаллов тензорами различного ранга	Понятие тензора, его структура, свойства и действия с ним. Описание физических свойств кристаллов тензорами первого и второго ранга. Полярная и аксиальная природа тензора.	2	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	2	
9 Тензоры первого и второго ранга, их свойства и составляющие	Описание физических свойств кристаллов тензорами второго ранга полярного и акисиального типа. Математические операции с тензорами второго ранга. Выделение симметричной и антисимметричной частей тензора. Физический смысл в операциях с тензорами . Указательная и характеристическая поверхности тензора.	4	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	4	
10 Тензоры высших рангов, их внутренняя и внешняя симметрия	Тензоры высших рангов: их введение в кристаллофизике, структура и математические операции с ними. Физические свойства, описываемые тензорами высших рангов. Пьезоэлектрический эффект и упругие свойства кристаллов. Внешняя и внутренняя симметрия тензоров высших рангов. Метод прямой проверки. Теорема Германа.	4	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	4	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 63600

1 Введение в науку о материалах электронной техники.	Объективные причины возникновения и развития науки о материалах электронной техники. Перспективы развития науки о материалах.	1	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	1	
2 Основные сведения о материалах электронной техники.	Обсуждение принципов деления материалов электронной техники на кристаллические, поликристаллические и аморфные., а также на диэлектрики, полупроводники и металлы. Особенности электрических и оптических свойств этих материалов	1	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	1	
3 Структура кристалла и его описание : обратная решетка, индексы Миллера	Решение задач на определение индексов Миллера для узлов, кристаллографических направлений и кристаллографических плоскостей в кристаллах. Структура обратной решетки.	2	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	2	
4 Теория симметрии кристаллов: элементы точечной симметрии, их свойства и матричное представление	Рассмотрение элементов точечной симметрии и принципов их функционирования.: ось симметрии, плоскость симметрии, центр симметрии и инверсионная ось симметрии. Решение задач на составление матриц преобразования системы координат в результате действия элемента симметрии.	2	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	2	
5 Изображение структуры кристаллов, стереографическая проекция	Решение задач на составление и расшифровку стереографической проекции кристалла.	1	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	1	
6 Классификация кристаллов: категории и сингонии, точечные группы симметрии, их символики	Решение задач на составление международного символа точной группы и его расшифровку., определение входящих в группу элементов симметрии	2	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	2	
7 Элементы математического аппарата кристаллофизики, предельные группы симметрии, принципы кристаллофизики	Составление предельных групп симметрий для различных внешних воздействий. Решение задач на принципы Неймана и Кюри.	2	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 63600

8 Описание физических свойств кристаллов тензорами различного ранга	Решение задач на определение ранга тензора и его природы для описания физических свойств различной симметрии.	1	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	1	
9 Тензоры первого и второго ранга, их свойства и составляющие	Решение задач на расчет физических свойств первого и второго ранга. Задача по нахождению экстремальных значений физического свойства второго ранга.	3	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	3	
10 Тензоры высших рангов, их внутренняя и внешняя симметрия	Решение задач на определение величины физических свойств третьего и четвертого ранга с учетом их внутренней и внешней симметрии.	3	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	3	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Введение в науку о материалах электронной техники.	Определение кристаллографических направлений для заданного значения физического свойства второго ранга	4	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	4	
4 Теория симметрии кристаллов: элементы точечной симметрии, их свойства и матричное представление	Составление матрицы преобразования системы координат элементом точечной симметрии	4	ОПК-1
	Итого	4	
7 Элементы математического аппарата кристаллофизики, предельные группы симметрии, принципы кристаллофизики	Определение симметрии кристалла при внешних воздействиях	4	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	4	
9 Тензоры первого и второго ранга, их свойства и составляющие	Определение экстремальных значений физического свойства и кристаллографических направлений их достижения	4	ОПК-1, ПКР-7
	Итого	4	
	Итого за семестр	16	
	Итого	16	

Согласована на портале № 63600

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение в науку о материалах электронной техники.	Подготовка к зачету с оценкой	1	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-1, ПКР-7	Лабораторная работа
	Итого	3		
2 Основные сведения о материалах электронной техники.	Подготовка к зачету с оценкой	1	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Итого	2		
3 Структура кристалла и его описание : обратная решетка, индексы Миллера	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Итого	3		
4 Теория симметрии кристаллов: элементы точечной симметрии, их свойства и матричное представление	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1	Лабораторная работа
	Итого	5		
5 Изображение структуры кристаллов, стереографическая проекция	Подготовка к зачету с оценкой	1	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Итого	2		
6 Классификация кристаллов: категории и сингонии, точечные группы симметрии, их символики	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Итого	3		

Согласована на портале № 63600

7 Элементы математического аппарата кристаллофизики, предельные группы симметрии, принципы кристаллофизики	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1, ПКР-7	Лабораторная работа
	Итого	6		
8 Описание физических свойств кристаллов тензорами различного ранга	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Итого	4		
9 Тензоры первого и второго ранга, их свойства и составляющие	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ОПК-1, ПКР-7	Лабораторная работа
	Итого	10		
10 Тензоры высших рангов, их внутренняя и внешняя симметрия	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1, ПКР-7	Тестирование
	Итого	8		
Итого за семестр		46		
Итого		46		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование
ПКР-7	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Согласована на портале № 63600

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Зачёт с оценкой	20	20	20	60
Лабораторная работа	5	5	10	20
Тестирование	5	5	10	20
Итого максимум за период	30	30	40	100
Нарастающим итогом	30	60	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Материалы электронной техники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2017. 123 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6889.

2. Материалы электронной техники: Учебное пособие / Л. Р. Битнер - 2019. 108 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8984.

7.2. Дополнительная литература

1. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника : Учебное пособие для вузов / Константин Степанович Петров. - СПб. : Питер, 2003. - 512 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.).

2. Электротехнические материалы и изделия: справочник. / И.И. Алиев, С.Г. Калганова. – М.: РадиоСофт. 2005. – 350 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

Согласована на портале № 63600

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Определение симметрии кристалла при внешних воздействиях: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2017. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6890.
2. Определение экстремальных значений физического свойства и кристаллографических направлений их достижения: Учебно-методическое пособие / В. Н. Давыдов - 2017. 16 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6892.
3. Определение кристаллографических направлений для заданного значения физического свойства второго ранга: Учебно-методическое пособие / В. Н. Давыдов - 2017. 16 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6891.
4. Определение симметрии кристалла при внешних воздействиях: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2017. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6890.
5. Материалы и элементы электронной техники. Часть 1: Учебно- методическое пособие для самостоятельной работы студентов / В. Н. Давыдов - 2011. 78 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1840.
6. Элементы электронной техники: Учебно-методическое пособие по решению задач и самостоятельной работе студентов / В. Н. Давыдов - 2017. 65 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6873.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Согласована на портале № 63600

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в

Согласована на портале № 63600

лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение в науку о материалах электронной техники.	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Основные сведения о материалах электронной техники.	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Структура кристалла и его описание : обратная решетка, индексы Миллера	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Теория симметрии кристаллов: элементы точечной симметрии, их свойства и матричное представление	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Изображение структуры кристаллов, стереографическая проекция	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Классификация кристаллов: категории и сингонии, точечные группы симметрии, их символики	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 63600

7 Элементы математического аппарата кристаллофизики, предельные группы симметрии, принципы кристаллофизики	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Описание физических свойств кристаллов тензорами различного ранга	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Тензоры первого и второго ранга, их свойства и составляющие	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Тензоры высших рангов, их внутренняя и внешняя симметрия	ОПК-1, ПКР-7	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Согласована на портале № 63600

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что в кристаллах описывают с помощью предельных групп симметрии?
   а) Симметрию реальных кристаллических тел, подвергнутых деструктирующему внешнему воздействию;
   б) Симметрию физических свойств реальных кристаллов и симметрию внешних воздействий на кристаллы;
   в) Симметрию пространственных групп реальных кристаллов;
   г) Симметрию пространственных групп реальных кристаллов и их физические свойства.
2. Из какого количества букв и цифр формируется символ точечной группы в международной символике?
   а) Их количество равно количеству осей симметрии в данной группе;
   б) Их количество равно порядку главной оси симметрии, содержащейся в данной группе;
   в) Это один буквенный символ с верхним и (или) нижним индексами;
   г) Их количество не может превышать трех и состоит из символов осей и плоскостей симметрии.
3. Как с помощью принципов кристаллофизики определить симметрию кристалла, подвергнутого внешнему воздействию с известной симметрией?
   а) Здесь принципы кристаллофизики не используются, т.к. симметрия кристалла будет совпадать с симметрией внешнего воздействия;
   б) Необходимо воспользоваться принципом Неймана и принципом Кюри при известной симметрии внешнего воздействия;
   в) Необходимо воспользоваться принципом Онзагера, исключив из симметрии внешнего воздействия все оси симметрии.
   г) Необходимо воспользоваться принципом Кюри и принципом Онзагера, исключив из симметрии внешнего воздействия все плоскости симметрии.
4. Что определяет принцип Кюри в кристаллофизике?
   а) Он определяет симметрию и антисимметрию тензоров высших рангов при заданной симметрии воздействия на кристалл;
   б) Он определяет состав точечной группы симметрии совокупности явлений,

Согласована на портале № 63600

накладывающихся друг на друга и обладающих каждый своей точечной симметрией;
в) Он определяет симметрию тензоров второго ранга при заданной симметрии воздействия на кристалл и вызываемого им следствия;
г) Он предсказывает условие появления оси симметрии бесконечного порядка при наблюдении свойства рангом выше ранга оси.

5. Что определяет принцип Онзагера кристаллофизике?
а) Он определяет симметрию и антисимметрию тензоров высших рангов при заданной симметрии воздействия на кристалл;
б) Он определяет симметрию тензора второго ранга при полярной природе воздействия и следствия от этого воздействия симметрией, имеющих первый ранг;
в) Он определяет симметрию тензора первого ранга при аксиальной природе воздействия и следствия от этого воздействия симметрией, имеющих первый или второй ранги;
г) Он определяет антисимметрию тензора первого ранга при полярно-аксиальной природе воздействия и следствия от этого воздействия симметрией, имеющих ранг не ниже второго.
6. Какую точечную группу симметрии кристалла надо брать, если, пользуясь принципом Неймана, находите группу симметрии кристалла, обладающего заданным физическим свойством ?
а) Необходимо брать точечную группу симметрии кристалла в невозмущенном внешнем воздействием состоянии;
б) Необходимо брать точечную группу симметрии кристалла в возмущенном внешнем воздействии состоянии и определяемой принципом Кюри;
в) Необходимо брать точечную группу симметрии кристалла, задаваемую внешним воздействием, прикладываемым вдоль главной оси симметрии кристалла;
г) Необходимо брать точечную группу симметрии внешнего воздействия, прикладываемого перпендикулярно главной оси симметрии кристалла.
7. Какие величины и свойства описываются в кристаллофизике аксиальными векторами?
а) Ими описываются векторные величины, знак которых не имеет значения в данной задаче;
б) Ими описываются векторные величины, направление которых в данной задаче не имеет значения;
в) Ими описываются векторные величины, которые описывают вращение (угловая скорость, перемещение по окружности и т.д.);
г) Ими описываются векторные величины, которые указывают направленное действие (сила, скорость и т.д.).
8. Какой тензор второго ранга называется антисимметричным?
а) антисимметричным называется тензор с одинаковыми элементами по диагонали и такими же элементами, но с противоположным знаком, на других местах;
б) антисимметричным называется тензор с одинаковыми элементами и чередующимся знаком «+» или «-», на всех местах кроме диагональных;
в) антисимметричным называется тензор, у которого элементы равны элементам, но с противоположным знаком, а элементы на главной диагонали равны нулю;
г) антисимметричным называется тензор, который не допускает над собой ортогональные преобразования.
9. Как найти экстремальные значения физического свойства, описываемого тензором второго ранга?
а) для отыскания экстремальных значений физического свойства необходимо найти максимальное значение среди компонент тензора и по его индексам определить кристаллографическое направление;
б) для отыскания экстремальных значений физического свойства необходимо найти максимальное и минимальное значения среди собственных значений тензора, а направление будет задаваться собственными векторами для этих собственных значений;
в) для отыскания экстремальных значений физического свойства необходимо найти максимальное значение среди тангенциальных составляющих заданного тензора и по его индексам определить кристаллографическое направление;
г) для отыскания экстремальных значений физического свойства необходимо найти максимальное значение среди компонент тензора и по его индексам определить

Согласована на портале № 63600

кристаллографическое направление.

10. Что такое характеристическая поверхность тензора второго ранга?
    а) это поверхность, построенная из нормальных составляющих этого тензора;
    б) это поверхность, построенная в системе координат, построенной на собственных векторах рассматриваемого тензора;
    в) это поверхность, представляющая собой поверхность равного свойства;
    г) это поверхность, построенная по точкам, вычисляемым из компонент тензора с чередованием у них знака "+" и " - ".

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Перечислите основные элементы точечной симметрии, расскажите, как они действуют, перечислите и поясните пять свойств элементов точечной симметрии.
2. Для чего применяется стереографическая проекция кристалла, как она строится. Продемонстрируйте построение стереографической проекции на примере кристалла симметрии 32, mm2, 4/mmm.
3. Как составляется международный символ точечной группы симметрии? Укажите различия в элементах симметрии кристаллов 23 и 32.
4. Перечислите предельные группы симметрии, укажите, для чего они используются. Расскажите об основных принципах кристаллофизики: принципе Неймана, принципе Кюри и принципе Онзагера. Продемонстрируйте их действие на примере точечной группы симметрии кристалла под внешним воздействием.
5. Дайте определение тензора второго ранга, укажите закон преобразования его компонент при смене системы координат. Приведите пример физического свойства, описываемого тензором второго ранга.
6. Расскажите о свойствах собственных векторов и собственных значений тензоров второго ранга, процедуре их вычисления. Что такое нормальная составляющая тензора второго ранга и как она вычисляется?
7. Как строится указательная и характеристическая поверхности тензора? Перечислите виды характеристической поверхности тензора второго ранга с известными собственными значениями?
8. Расскажите о правилах введения тензоров высших рангов, законе преобразования их компонент при смене системы координат, введении изомеров тензоров, а также о дифференциальных операциях с тензорами высших рангов: Grad, Div, Rot, Def и его антисимметричном изомере.
9. Поясните смысл внутренней симметрии, вводимые для ее обозначения символы Яна. Что такое внешняя симметрия тензора и как она связана с точечной группой симметрии кристалла?
10. Что такое оптическая индикатриса и для чего она используется? В чем заключается эффект двулучепреломления в анизотропном кристалле?

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Определение кристаллографических направлений для заданного значения физического свойства второго ранга
2. Составление матрицы преобразования системы координат элементом точечной симметрии
3. Определение симметрии кристалла при внешних воздействиях
4. Определение экстремальных значений физического свойства и кристаллографических направлений их достижения

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных

Согласована на портале № 63600

учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на

Согласована на портале № 63600

подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 63600

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 73 от «12» 12 2018 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ЭП	В.Н. Давыдов	Разработано, 0a70921e-3a8f-4010-94a3-71f1447ec6f2

Согласована на портале № 63600