МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ 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: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	30	30	часов
2	Практические занятия	20	20	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	66	66	часов
5	Самостоятельная работа	42	42	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 3 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 41514

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ЭП	_____	В. Н. Давыдов
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ	_____	А. И. Воронин
Заведующий выпускающей каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Эксперты:

Доцент кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	А. И. Аксенов
Профессор кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 41514

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

приобретение знаний о структуре, составе, свойствах и параметрах материалов, используемых в электронной техники для изготовления элементов, приборов и устройств для функционального преобразования электрических, магнитных и электромагнитных сигналов;

приобретение навыков решения типовых задач материаловедения и навыков проведения экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники.

1.2. Задачи дисциплины

– изучение студентами знаний о физических процессах и явлениях, происходящих в материалах электронной техники при нарушении термодинамического равновесия за счет действия электрических, магнитных полей, температуры и других воздействий;

– получение знаний по критериям и навыков по выбору материала электронной техники для заданных условий эксплуатации элемента, прибора или устройства электронной техники;

– развитие умения анализировать и систематизировать научно-техническую информацию;

– изучение и освоение студентами современных методов описания и анализа основных физических свойств материалов, включая монокристаллические диэлектрики и полупроводники, пиро - и пьезоэлектрики;

– освоение студентами подходов к решению типовых задач по расчету параметров материалов электронной техники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Материалы электронной техники» (Б1.В.ОД.14) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Квантовая механика, Математика.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Преддипломная практика, Твердотельная электроника, Физика, Физика конденсированного состояния.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-8 способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные типы материалов электронной техники, физические явления и процессы, протекающие в них; основные электрические, магнитные и механические свойства материалов; назначение, а также современные тенденции развития материалов электронной техники

– **уметь** работать с информационно-справочными и поисковыми системами для поиска информации по материалам электронной техники и их свойствам; производить расчеты параметров материалов электронной техники с учетом их свойств; уметь на практике решать стандартные задачи по определению электрических, магнитных, упругих и других свойств материалов электронной техники

– **владеть** способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения при решении задач при рассмотрении свойств и параметров материалов электронной техники; навыками измерения и экспериментального контроля параметров материалов; основными приемами обработки и представления экспериментальных данных

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 41514

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	66	66
Лекции	30	30
Практические занятия	20	20
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	42	42
Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Проработка лекционного материала	12	12
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	18	18
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Основные типы материалов электронной техники, их фундаментальные свойства и параметры	2	0	0	4	6	ОПК-2, ПК-8
2 Структура и характеристические параметры кристаллических и аморфных веществ	3	2	0	2	7	ОПК-2, ПК-8
3 Энергетическое описание электрических и оптических свойств материалов электронной техники	3	3	0	4	10	ОПК-2, ПК-8
4 Описание свойств материалов электронной техники на основе теории симметрии	4	3	4	4	15	ОПК-2, ПК-8
5 Фундаментальные принципы предсказания физических свойств материалов электронной техники	4	2	4	8	18	ОПК-2, ПК-8
6 Математический аппарат описания физических свойств материалов электронной техники	3	2	0	4	9	ОПК-2, ПК-8
7 Описание физических свойств мате-	4	2	0	3	9	ОПК-2, ПК-8

Согласована на портале № 41514

риалов электронной техники с помощью тензоров первого ранга.						
8 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров второго ранга	4	2	8	9	23	ОПК-2, ПК-8
9 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров высших рангов.	3	4	0	4	11	ОПК-2, ПК-8
Итого за семестр	30	20	16	42	108	
Итого	30	20	16	42	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные типы материалов электронной техники, их фундаментальные свойства и параметры	Классификация материалов электронной техники по фундаментальным свойствам: критерии деления. Основные свойства материалов различных типов: металлы, сверхпроводники, полупроводники, диэлектрики, пироэлектрики, пьезоэлектрики, магнитные материалы, жидкие кристаллы.	2	ОПК-2, ПК-8
	Итого	2	
2 Структура и характеристические параметры кристаллических и аморфных веществ	Характеристика проводящих и резистивных материалов во взаимосвязи с их применением в электронной технике. Характеристика и основные физико-химические, электрические и оптические свойства элементарных полупроводников, полупроводниковых соединений и твёрдых растворов на их основе. Основные физические процессы в диэлектриках (поляризация, пробой, диэлектрические потери) и способы их описания. Активные и пассивные диэлектрические материалы и элементы на их основе. Магнитные материалы и элементы общего назначения.	3	ОПК-2, ПК-8
	Итого	3	
3 Энергетическое описание электрических и оптических свойств материалов электронной техники	Зонная модель твердотельных материалов: принципы построения модели, модель Блоха, функция заполнения электронных состояний Ферми, понятие проводящей дырки. Понятие квазиимпульса электрона в твердом теле, закон сохранения квазиимпульса, зона Бриллюэна, радиус электрона по де Бройлю. Зонная модель твердого тела при действии электрического поля: ток проводимости по зоне проводимости и валентной зоне, диффузионных ток в твердотельных материалах электронной	3	ОПК-2, ПК-8

Согласована на портале № 41514

	техники.		
	Итого	3	
4 Описание свойств материалов электронной техники на основе теории симметрии	Простые конечные элементы симметрии кристаллов. Свойства элементов симметрии. Кристаллографические категории, системы и сингонии. Точечные группы симметрии кристаллов. Символика точечных групп. Вывод и описание 32 классов симметрии кристаллов. Предельные группы симметрии. Принцип построения стереографической проекции симметрии кристалла, обозначения элементов симметрии. Симметрия пространственной структуры кристаллов. Перекрестные элементы симметрии. Решетки Бравэ.	4	ОПК-2, ПК-8
	Итого	4	
5 Фундаментальные принципы предсказания физических свойств материалов электронной техники	Понятие точечной группы симметрии физического свойства и точечной группы внешнего воздействия. Характеристика предельных групп симметрии Кюри. Фундаментальные принципы кристаллофизики - принцип Неймана и принцип Кюри. Применение принципов кристаллофизики для определения симметрии кристаллов под воздействием, а также симметрии композиционного воздействия. Принцип Онзагера для полярных явлений в кристаллических веществах. Методология предсказания свойств кристаллов на основе тензоров различных рангов их симметрийных свойств.	4	ОПК-2, ПК-8
	Итого	4	
6 Математический аппарат описания физических свойств материалов электронной техники	Понятие полярного и аксиального векторов в описании физических свойств кристаллических веществ. Математический аппарат по описанию взаимодействия полярных и аксиальных явлений в кристаллических веществах. Разложение физического свойства на полярную и аксиальную составляющую, их физический смфсл и условия наблюдения.	3	ОПК-2, ПК-8
	Итого	3	
7 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров первого ранга.	Физические свойства кристаллических веществ, описываемые полярными и аксиальными тензорами первого ранга. Перечень возможных сочетаний воздействий и их следствий, порождаемых физическими свойствами первого ранга. Возможные применения в электронной технике физических свойств кристаллических веществ, описываемых тензорами первого ранга.	4	ОПК-2, ПК-8
	Итого	4	
8 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров второго ранга	Физические свойства кристаллических веществ, описываемые полярными и аксиальными тензорами второго ранга. Перечень возможных сочетаний воздействий и их следствий, порождаемых физическими свойствами второго ранга. Указательная и	4	ОПК-2, ПК-8

Согласована на портале № 41514

	характеристическая поверхности свойства второго ранга. Отыскания экстремальных значений физического свойства второго ранга и кристаллографические направления их достижения. Возможные применения в электронной технике физических свойств кристаллических веществ, описываемых тензорами второго ранга.		
	Итого	4	
9 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров высших рангов.	Способы обнаружения в кристаллических веществах физических свойств высших рангов. Тензоры третьего и четвертого рангов. Физические свойства кристаллических веществ, описываемые полярными и аксиальными тензорами высших рангов. Перечень возможных сочетаний воздействий и их следствий, порождаемых физическими свойствами высших рангов. Указательная и характеристическая поверхности свойства высших рангов. Определение величины физического свойства в заданном направлении. Возможные применения в электронной технике физических свойств кристаллических веществ, описываемых тензорами высших рангов.	3	ОПК-2, ПК-8
	Итого	3	
Итого за семестр		30	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины									
1 Квантовая механика	+		+						
2 Математика	+			+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины									
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Преддипломная практика	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Твердотельная электроника	+	+	+	+	+				
4 Физика	+	+			+				
5 Физика конденсированного состояния		+							

Согласована на портале № 41514

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Реферат
ПК-8	+		+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
4 Описание свойств материалов электронной техники на основе теории симметрии	Составление матрицы преобразования системы координат элементом точечной симметрии	4	ОПК-2, ПК-8
	Итого	4	
5 Фундаментальные принципы предсказания физических свойств материалов электронной техники	Определение симметрии кристалла при внешних воздействиях	4	ОПК-2, ПК-8
	Итого	4	
8 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров второго ранга	Определение кристаллографических направлений для заданного значения физического свойства второго ранга	4	ОПК-2, ПК-8
	Определение экстремальных значений физического свойства и кристаллографических направлений их достижения.	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 41514

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Структура и характеристические параметры кристаллических и аморфных веществ	Ближний и дальний порядок в кристаллической решетке. Задачи на составление индексов Миллера для узлов, кристаллографических направлений и кристаллографических плоскостей. Определение параметров обратной решетки.	2	ОПК-2
	Итого	2	
3 Энергетическое описание электрических и оптических свойств материалов электронной техники	Задачи на определение положения уровня Ферми в полупроводнике. Расчет величин дрейфового и диффузионного токов в кристаллическом веществе. определение времени пролета носителя заряда образца кристаллического вещества.	3	ОПК-2
	Итого	3	
4 Описание свойств материалов электронной техники на основе теории симметрии	Рассмотрение действия элементов точечной симметрии и их свойства. Задачи на составление матрицы симметрического преобразования и последовательности симметрических преобразований в кристаллическом веществе различной точечной симметрии. Доказательство свойств элементов симметрии на основе вычисления матриц симметрических преобразований.	3	ОПК-2
	Итого	3	
5 Фундаментальные принципы предсказания физических свойств материалов электронной техники	Задачи на применение принципа Неймана для определения точечной симметрии кристаллического вещества для наблюдения физического свойства заданной симметрии. Задачи на определение точечной симметрии комбинированного внешнего воздействия.Принципы вычисления результирующей симметрии кристалла под внешним воздействием.	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Математический аппарат описания физических свойств материалов электронной техники	Задачи на определение ранга и природы физического свойства при заданных воздействиях и регистрируемого следствия. Применение методики расчета для определения условий наблюдения заданного физического свойства материалов электронной техники.	2	ОПК-2
	Итого	2	
7 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров первого ранга.	Задачи на определение условий наблюдения и величины физического свойства первого ранга в кристаллах различной точечной симметрии: поляризация пироэлектриков при нагреве и нагрев при изменении электрического поля в пирокристалле. За-	2	ОПК-2

Согласована на портале № 41514

	дачи на пиромагнитный эффект.		
	Итого	2	
8 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров второго ранга	Задачи на вычисление величины физического свойства в заданном направлении и определение кристаллографических направлений, по которым физическое свойство достигает заданного значения. Задачи на нахождение экстремальных значений физических свойств и кристаллографических направлений их достижения. методика разложения физического свойства второго ранга на полярную и аксиальную составляющие.	2	ОПК-2
	Итого	2	
9 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров высших рангов.	Задачи на вычисление величины физического свойства третьего и четвертого рангов в заданном кристаллографическом направлении. Задачи на вычисление величины пьезополяризации кристалла при различных направления его сжатия - растяжения. Упругие свойства кристалла в заданном направлении.	4	ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		20	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Основные типы материалов электронной техники, их фундаментальные свойства и параметры	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
2 Структура и характеристические параметры кристаллических и аморфных веществ	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
3 Энергетическое описание электрических и оптических свойств материалов электронной техники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Реферат, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		

Согласована на портале № 41514

	Итого	4		
4 Описание свойств материалов электронной техники на основе теории симметрии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
5 Фундаментальные принципы предсказания физических свойств материалов электронной техники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	8		
6 Математический аппарат описания физических свойств материалов электронной техники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
7 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров первого ранга.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
8 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров второго ранга	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	9		
9 Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров высших рангов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
Итого за семестр		42		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		78		

Согласована на портале № 41514

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	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				
Опрос на занятиях	8	8	8	24
Отчет по лабораторной работе	7	7	7	21
Реферат			8	8
Тест	5	6	6	17
Итого максимум за период	20	21	29	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	20	41	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	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)

Согласована на портале № 41514

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Материалы электронной техники [Электронный ресурс]: Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». / Легостаев Н. С. - 2014. 239 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4291 (дата обращения: 31.07.2018).
2. Материалы электронной техники [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2017. 123 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6889 (дата обращения: 31.07.2018).
3. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие для студентов направления 2100100 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Электронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2013. 175 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3715 (дата обращения: 31.07.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Материалы и элементы электронной техники [Электронный ресурс]: Материалы и элементы электронной техники / Битнер Л. Р. - 2003. 169 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/551 (дата обращения: 31.07.2018).
2. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника : Учебное пособие для вузов / Константин Степанович Петров. - СПб. : Питер, 2003. - 512 с. : ил. - (Учебное пособие). - ISBN 5-94723-378-9 (в пер.) (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)
3. Электротехнические материалы и изделия: справочник. / И.И. Алиев, С.Г. Калганова. – М.: РадиоСофт. 2005. – 350 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Элементы электронной техники [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов направления 210100.62 с примерами и задачами (для практических занятий и самостоятельной работы). Часть 1 / Давыдов В. Н. - 2013. 78 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3720 (дата обращения: 31.07.2018).
2. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе студентов с примерами и задачами (для практических занятий и самостоятельной работы) для направления подготовки 210100.62 "Электроника и наноэлектроника" / Давыдов В. Н. - 2013. 148 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3568 (дата обращения: 31.07.2018).
3. Составление матрицы преобразования системы координат элементом точечной симметрии [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе / Давыдов В. Н. - 2017. 15 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6897 (дата обращения: 31.07.2018).
4. Определение экстремальных значений физического свойства и кристаллографических направлений их достижения [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе/ Давыдов В. Н. - 2017. 16 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6892 (дата обращения: 31.07.2018).
5. Определение кристаллографических направлений для заданного значения физического свойства второго ранга [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе/ Давыдов В. Н. - 2017. 16 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6891 (дата обращения: 31.07.2018).
6. Определение симметрии кристалла при внешних воздействиях [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе / Давыдов В. Н. - 2017. 11 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6890 (дата обращения: 31.07.2018).

12.3.2. 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;

Согласована на портале № 41514

– 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.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. 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.

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.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Преподавательская

помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 215 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– 7-Zip

– Google Chrome

– Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows

– Microsoft Windows

Согласована на портале № 41514

– OpenOffice

13.1.4. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. 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 зрениями** предусмотрено использование в 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.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. На что указывают индексы Миллера при описании структуры элементарной ячейки?

а) для отображения числа прямых углов в кристалле;

б) это числа, показывающие количество граней у кристаллического многогранника;

в) это числа, показывающие, сколько периодов трансляции по трем направлениям надо отложить для отыскания нужного узла решётки;

г) с помощью индексов Миллера определяют параметры элементарной ячейки обратной

Согласована на портале № 41514

решётки кристалла.

2. Какая из приведённых записей кристаллографического узла в кубическом кристалле с помощью индексов Миллера относится к узлу, находящемуся на одной из пространственных диагоналей куба?

а) [[010]];

б) [[001]];

в) [[110]];

г) [[111]].

3. Как с помощью символов и индексов Миллера обозначают кристаллографическое направление?

а) Кристаллографические направления задаются с помощью индексов Миллера любого узла, находящегося на этом направлении, используя круглые скобки;

б) Кристаллографические направления задаются с помощью индексов Миллера любого узла, находящегося на этом направлении, используя фигурные скобки;

в) Кристаллографические направления задаются с помощью индексов Миллера любого узла, находящегося на этом направлении, используя одинарные квадратные скобки;

г) Кристаллографические направления задаются с помощью индексов Миллера любого узла, находящегося на этом направлении, используя круглые скобки.

4. Что такое ось симметрии n-того порядка в кристаллическом многограннике?

а) Это прямая линия, которая проходит через центр многогранника;

б) Это прямая линия, при повороте вдоль которой на угол , фигура не совмещается сама с собой;

в) Это прямая линия, при повороте вокруг которой на угол, кратный углу , фигура совмещается сама с собой;

г) Это прямая линия, наклоненная на угол граням кристаллического многогранника.

5. Что такое плоскость симметрии в кристаллическом многограннике?

а) Это плоскость, которая делит многогранник на две зеркально равные части;

б) Это плоскость, проходящая через центр многограннике и перпендикулярная одной из граней кристаллического многогранника;

в) Это плоскость, проходящая через центр многограннике и параллельно одной из граней кристаллического многогранника;

г) Это плоскость, проходящая через одну из граней кристаллического многогранника.

6. Что 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.

7. 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 при известной симметрии внешнего воздействия;

Понизить симметрию кристалла, исключив из неё плоскости симметрии, перпендикулярные вектору 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 оси симметрии.

8. Из какого количества букв и цифр формируется символ точечной группы в международной символике?

а) Их количество равно количеству осей симметрии в данной группе;

Согласована на портале № 41514

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.

9. Каков порядок расположения букв и цифр в международном символе точечной группы?

а) Сначала перечисляются все оси симметрии от высших до низших, затем все плоскости симметрии и только потом указывается центр инверсии;

б) Сначала перечисляются все плоскости симметрии, затем все оси симметрии от высших до низших и только потом указывается центр инверсии;

в) Сначала указывается центр инверсии, затем перечисляются все плоскости симметрии и только потом все оси симметрии от высших порядков до низших;

г) Порядок перечисления зависит от наличия осей симметрии высокого порядка и строго определён для каждой категории кристаллов.

10. 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, 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 сим-метрии бесконечного порядка при наблюдении свойства рангом выше ранга оси.

11. 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.

12. 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.

13. Как взаимодействуют симметрии нескольких внешних воздействий, прикладываемых к кристаллу заданной симметрии одновременно?

а) Из всех воздействий на кристалл только самое высоко симметрийное воздействие меняет симметрию кристалла по принципу Кюри, а остальные воздействия на его симметрию не влияют;

б) Кристалл и все воздействия объединяют свои симметрии в единую точечную группу симметрию согласно принципу Кюри;

в) Из всех воздействий симметрию кристалла по принципу Кюри меняет только самое низко симметрийное, а остальные не влияют;

г) Все воздействия меняют симметрию кристалла согласно принципу Неймана, оставляя в симметрии кристалла под воздействием только самые высоко симметрийные элементы, имеющиеся в группах симметрии всех воздействий.

14. Для каких целей вводят понятие обратной решётки кристалла?

а) Для удобства рассмотрения кристалла с его обратной стороны;

Согласована на портале № 41514

б) Для расшифровки рентгенограмм и определения индексов Миллера кристаллографической плоскости;

в) Для определения кристаллографического направления, обратного заданному направлению;

г) Для упрощения математического вычисления параметров кристалла.

15. 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.).

16. Как по форме записи отличить полярный вектор от аксиального вектора?

а) Они обозначаются указанием идентификатора (буквы), жирным шрифтом, а различие только в природе описываемого свойства;

б) Полярный вектор изображается в виде стрелки, а аксиальный - в виде прямой линии с указанием направления вращения вокруг неё;

в) Полярный вектор изображается в виде прямой стрелки, а аксиальный - в виде стрелки, закрученной в окружность или эллипс;

г) оба типа вектора изображаются в виде прямой стрелки, но у полярного вектора над его буквенным обозначением ставится черточка, а у скалярного - маленький кружок.

17. Какой тензор второго ранга называется симметричным?

а) симметричным называется тензор с одинаковыми элементами по диагонали и произвольными элементами на других местах;

б) симметричным называется тензор с одинаковыми элементами на всех местах кроме диагональных;

в) симметричным называется тензор, у которого элементы равны элементам;

г) симметричным называется тензор, который допускает над собой ортогональные преобразования.

18. 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;

г) антисимметричным называется тензор, который не допускает над собой ортогональные преобразования.

19. Что такое нормальная составляющая симметричного тензора второго ранга?

а) это вектор с координатами, равными диагональным элементам тензора;

б) это число, которое получается в результате сложения всех компонент тензора;

в) это число, которое получается в результате скалярного произведения единичного вектора на другой вектор, полученный в результате действия тензора на этот же вектор ;

г) это число, равное сумме диагональных элементов тензора, записанного в собственной системе координат.

20. 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;

Согласована на портале № 41514

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 кристаллографическое направление.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Свойства аморфных и кристаллических диэлектриков.
2. Электрические и оптические свойства полупроводниковых материалов.
3. Сверхпроводники и их электрические свойства
4. Модель Блоха и ее приближения.
5. Определение степени заполнения энергетического уровня электронами и дыркам
6. Понятие прямой и обратной решетки, их структура и взаимосвязь.
7. Понятие жидких кристаллов, их типы и основные электрические и оптические свойства.
8. Индексы Миллера и их вычисление для узлов, кристаллографических направлений и плоскостей.
9. Структура и свойства кристаллов, поликристаллических веществ, аморфных веществ, твердых растворов.
10. Принципы введения тензоров в задачах кристаллофизики.
11. Основные операции с тензорами и их преобразование при смене системы координат.
12. Принцип составления и чтения стереографической проекции кристалла.
13. Элементы точечной симметрии и принцип их использования в материаловедении и кристаллофизике.
14. Свойства элементов точечной симметрии и их доказательство.
15. Запись и чтение международного символа точечной группы симметрии.
16. Принцип Неймана: его физическое содержание и математический образ..
17. Принцип Кюри: его физическое содержание и математический образ..
18. Принцип Онзагера: его физическое содержание и математический образ..
19. Правила вычисления суммарной симметрии и комбинированном воздействии на кристаллическое вещество внешних возмущений.
20. Методика определения параметров прямой решетки по известной обратной..

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Структура и характеристические параметры кристаллических и аморфных веществ

Энергетическое описание электрических и оптических свойств материалов электронной техники

Описание свойств материалов электронной техники на основе теории симметрии

Фундаментальные принципы предсказания физических свойств материалов электронной техники

Математический аппарат описания физических свойств материалов электронной техники

Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров первого ранга.

Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров второго ранга

Описание физических свойств материалов электронной техники с помощью тензоров высших рангов

14.1.4. Темы рефератов

1. Структурные и электрические свойства полупроводниковых материалов.
2. Структурные и электрические свойства аморфных материалов для электронного приборостроения.
3. Использование рентгеновского оборудования для исследования структуры материалов электронной техники.
4. Матричные доказательства свойств элементов симметрии.
5. Определение внешней симметрии тензоров высших рангов методом прямой проверки в

Согласована на портале № 41514

циклических координатах.

6. Применение прямого и обратного пьезоэлектрического эффекта в материалах электронной техники.

14.1.5. Темы лабораторных работ

1. Составление матрицы преобразования системы координат элементом точечной симметрии.

2. Определение симметрии кристалла при внешних воздействиях.

3. Определение кристаллографических направлений для заданного значения физического свойства второго ранга.

4. Определение экстремальных значений физического свойства и кристаллографических направлений их достижения.

14.1.6. Методические рекомендации

Основные методические рекомендации касаются организации и контроля выполнения самостоятельных заданий.

Структура подачи лекционного материала. После выдачи самостоятельных заданий (на лекции) со студентами планируется тема следующей лекции. Среди разнообразия методов подачи материала наибольшая активность студентов наблюдается при применении технологии «интенсивной педагогики» в виде «продвинутой конферентной обзорной лекции», совмещенной с семинаром. Важно на фоне общих учебных заданий найти «изюминку» в каждом задании студента и показать актуальность и перспективы применения решения. Важно показать достижения конкретных выпускников по предложенной тематике.

Практические занятия. Интерес у студента проявляется тогда, когда у него получаются решения предложенных заданий. Их выполнение учитывает возможности и наклонности студента и позволяет предложить творческое развитие отдельных фрагментов задания.

Защита самостоятельной работы. Наибольший импульс к развитию дает научно-техническая конференция, где каждый студент обязан выступить с сообщением о своей работе. При подготовке к нему у студента происходит переоценка деятельности, прирост команды энтузиастов для участия в развитии работ. Это способствует развитию общекультурных профессиональных компетенций, вырабатывает навыки грамотного изложения результатов работы и их защиты перед комиссией.

14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки

Согласована на портале № 41514

14.3. 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 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 № 41514