МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
Лабораторные занятия	8	8	часов
Самостоятельная работа	115	115	часов
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	10	10	часов
Контрольные работы	2	2	часов
Подготовка и сдача экзамена	9	9	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
		4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Экзамен	5	
Контрольные работы	5	1

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 78192

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» является освоение теоретических основ строения конденсированных материалов и их физических свойств.

1.2. Задачи дисциплины

1. Задачей изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» является установление зависимостей физических свойств конденсированных материалов от их химического состава и структуры.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.08.
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		
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	Знает основные закономерности формирования конденсированного состояния
	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	Умеет применять физико-математический аппарт при решении инженерных задач
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет физическим и математическим аппаратом для решения инженерных задач

Согласована на портале № 78192

ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. Знает основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных	Знает методы проведения эксперимента и приемы обработки экспериментальных данных
	ОПК-2.2. Умеет выбирать эффективную методику экспериментальных исследований	Умеет выбирать экспериментальную методику по исследованию конденсированных веществ
	ОПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных	Владеет практическими навыками проведения эксперимента
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 78192

ПКС-10. Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	ПКС-10.1. Знает эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПКС-10.2. Умеет ргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Умеет ргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПКС-10.3. Владеет навыками выбора и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Владеет навыками выбора и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

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 4 зачетных единиц, 144 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
		5 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	20	20
Лабораторные занятия	8	8
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	10	10

Согласована на портале № 78192

Контрольные работы	2	2
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	115	115
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	51	51
Подготовка к контрольной работе	48	48
Подготовка к лабораторной работе	6	6
Написание отчета по лабораторной работе	10	10
Подготовка и сдача экзамена	9	9
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

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	Лаб. раб.	Контр. раб.	СРП, ч.	Сам. раб., ч	Всего часов (без промежуточной аттестации)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Электронная структура твердых тел. Структура и симметрия кристаллов.	-	2	-	8	10	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
2 Квазичастицы. Тепловые колебания в кристалле.	-		1	10	11	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	4		1	16	21	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
4 Зонная теория твердых тел.	-		1	10	11	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
5 Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел	4		1	12	17	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
6 Структурные дефекты в кристаллах	-		1	6	7	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
7 Собственные и примесные полупроводниковые материалы.	-		1	8	9	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
8 Явления переноса заряда в полупроводниках и металлах	-		1	8	9	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	-		-	12	12	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
10 Неравновесные носители заряда	-		1	8	9	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	-		1	6	7	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
12 Оптические свойства полупроводников.	-		1	11	12	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
Итого за семестр	8	2	10	115	135	

Согласована на портале № 78192

Итого	8	2	10	115	135	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины	СРП, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Электронная структура твердых тел. Структура и симметрия кристаллов.	Модель атома Бора. Квантово-механическое описание строения атома. Химическая связь. Образование молекул. Связь в твердых телах. Простые и сложные кристаллические решетки. Индексы Миллера. Обратная решетка. Определение кристаллических структур с помощью дифракции рентгеновских лучей. Стоячие волны. Зоны Бриллюэна.	0	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
	Итого	-	
2 Квазичастицы. Тепловые колебания в кристалле.	Квазичастицы. Тепловые колебания. Амплитуды. Нормальные колебания простой одномерной решетки. Нормальные колебания одномерной решетки с базисом. Спектр нормальных колебаний решетки	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	Закон Дюлонга–Пти. Теория Эйнштейна. Теория Дебая. Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность диэлектриков. Теплопроводность металлов. Модель свободных электронов Друде.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
4 Зонная теория твердых тел.	Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Приближение свободных электронов. Приближение сильносвязанных электронов. Приближение слабосвязанных электронов. Энергетический спектр электронов в кристалле. Эффективная масса электрона.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
5 Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел	Диэлектрические свойства твердых тел. Поляризация диэлектриков. Основные характеристики. Диэлектрические потери. Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Природа парамагнетизма.	1	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
	Итого	1	

Согласована на портале № 78192

6 Структурные дефекты в кристаллах	Дефекты в твердых телах и их классификация. Тепловые точечные дефекты. Равновесная концентрация точечных дефектов. Дефекты в нестехиометрических кристаллах. Точечные дефекты в примесных системах. Дислокации. Радиационные дефекты.	1	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
	Итого	1	
7 Собственные и примесные полупроводниковые материалы.	Химическая связь в полупроводниках. Элементарная теория примесных состояний. Донорные и акцепторные состояния. Равновесная статистика электронов в примесных полупроводниках. Уровень Ферми в примесных полупроводниках. Полупроводники с примесью одного типа. Температурная зависимость концентрации и уровня Ферми в реальных полупроводниках. Вырожденные полупроводники. Сильнолегированные полупроводники. Квантово-размерные эффекты в полупроводниковых структурах	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
8 Явления переноса заряда в полупроводниках и металлах	Кинетическое уравнение Больцмана. Время релаксации. Электропроводность полупроводников. Эффект Холла и магнетосопротивление. Термоэлектрические явления. Теплопроводность. Диффузионные соотношения. Уравнения Эйнштейна.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	Разогрев электронно-дырочного газа. Эффект Ганна. Ударная ионизация. Эффект Зинера. Электростатическая ионизация.	0	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	-	

Согласована на портале № 78192

10 Неравновесные носители заряда	Характеристики неравновесного состояния электронов и дырок в полупроводниках. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда. Случай монополярной проводимости. Уравнение непрерывности. Движение неравновесных носителей заряда в слабых электрических полях. Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Основные механизмы рекомбинации носителей заряда в полупроводниках. Коэффициент рекомбинации и время жизни неравновесных носителей заряда. Межзонная рекомбинация. Статистика рекомбинации Холла–Шокли–Рида. Зависимость времени жизни неравновесных носителей от положения уровня Ферми.	1	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
	Итого	1	
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	Природа поверхностных состояний. Влияние поверхностного потенциала на электропроводность. Быстрые и медленные состояния. Скорость поверхностной рекомбинации. Влияние поверхностной рекомбинации на распределение неравновесных носителей заряда.	1	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
	Итого	1	
12 Оптические свойства полупроводников.	Оптические коэффициенты. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Собственное поглощение при прямых переходах. Собственное поглощение при непрямых переходах. Экситонное поглощение. Поглощение света свободными носителями заряда. Примесное поглощение. Решеточное поглощение. Люминесценция полупроводников. Рекомбинационное излучение при фундаментальных переходах. Экситонная рекомбинация. Рекомбинационное излучение при переходах между зоной и примесными уровнями. Релаксация люминесценции и ее температурное гашение. Фотопроводимость. Релаксация фотопроводимости. Фотопроводимость при наличии поверхностной рекомбинации носителей заряда. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках. Внешний фотоэффект в полупроводниках.	1	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
	Итого	1	
Итого за семестр		10	
Итого		10	

Согласована на портале № 78192

5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10
Итого за семестр		2	
Итого		2	

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
5 семестр			
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	Кристаллическое строение твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
5 Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел	Собственные и примесные полупроводниковые материалы	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

5.5.Контроль самостоятельной работы (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
5 семестр				
1 Электронная структура твердых тел. Структура и симметрия кристаллов.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	8		

Согласована на портале № 78192

2 Квазичастицы. Тепловые колебания в кристалле.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	10		
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	Подготовка к лабораторной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	6	ОПК-1, ОПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	2	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	16		
4 Зонная теория твердых тел.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	10		
5 Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел	Подготовка к лабораторной работе	2	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Отчет по лабораторной работе
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	2	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	12		

Согласована на портале № 78192

6 Структурные дефекты в кристаллах	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	2	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	6		
7 Собственные и примесные полупроводниковые материалы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	8		
8 Явления переноса заряда в полупроводниках и металлах	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	8		
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	8	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	12		
10 Неравновесные носители заряда	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	8		
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	2	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	6		

Согласована на портале № 78192

12 Оптические свойства полупроводников.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	7	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа
	Итого	11		
Итого за семестр		115		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		124		

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
	Лаб. раб.	Конт.Раб.	СРП	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен
ПКС-10	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Смирнов С. В. Физика конденсированного состояния: Учебное пособие / Смирнов С. В., Саврук Е. В. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2015. – 383 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

7.2. Дополнительная литература

1. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/70766#1.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 78192

1. Легостаев Н. С. Физика конденсированного состояния : методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения технических направлений подготовки, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / Н. С. Легостаев, С. Г. Михальченко. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 22 с" Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

2. Смирнов С. В. Физика конденсированного состояния. Методические указания по лабораторным работам: Методические указания / Смирнов С. В., Саврук Е. В. - Томск: ФДО, ТУСУР, 2015. — 59 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

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. Иное учебно-методическое обеспечение

1. Смирнов С.В., Саврук Е.В. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: электронный курс / С.В. Смирнов, Е.В. Саврук. - Томск: ФДО, ТУСУР, 2015. (доступ из личного кабинета студента) .

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

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

Согласована на портале № 78192

8.2. 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.

8.3. 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 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 Электронная структура твердых тел. Структура и симметрия кристаллов.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 78192

2 Квазичастицы. Тепловые колебания в кристалле.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
4 Зонная теория твердых тел.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
6 Структурные дефекты в кристаллах	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 78192

7 Собственные и примесные полупроводниковые материалы.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Явления переноса заряда в полупроводниках и металлах	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
10 Неравновесные носители заряда	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
12 Оптические свойства полупроводников.	ОПК-1, ОПК-2, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Согласована на портале № 78192

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

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

Согласована на портале № 78192

1. Первая теория строения атома водорода, которая успешно объясняла наиболее важные его свойства была предложена…
   1. Ньютоном;
   2. Эйнштейном;
   3. Бором;
   4. де Бройлем.
2. Тетрагональные решетки могут быть:
   1. простыми, объемо-центрированными и гранецентрированными;
   2. простыми и объемо-центрированными;
   3. простыми и базоцентрированными;
   4. простыми и гранецентрированными.
3. Для какой системы характерны следующие свойства: две кристаллические оси не перпендикулярны друг другу, но третья перпендикулярна им обеим, периоды трансляции различны во всех трех направлениях:
   1. триклинная;
   2. тетрагональная;
   3. моноклинная;
   4. гексагональная.
4. Акустические волны представляют…
   1. звуковые (одна продольная и две поперечные);
   2. звуковые (две продольные и две поперечные);
   3. звуковые (одна продольная и три поперечные);
   4. звуковые (три продольные и две поперечные).
5. Фононы, как и фотоны, подчиняются статистике…
   1. Максвелла-Больцмана;
   2. Больцмана;
   3. Ферми-Дирака;4.
   Бозе-Эйнштейна.
6. Не оказывают влияния на термодинамические свойства электронной системы…
   1. плазмоны;
   2. фононы;
   3. фотоны;
   4. магноны.
7. Поведение теплоемкость при высоких температурах корректно описывает закон…
   1. Дебая;
   2. Дюлонга-Пти;
   3. Эйнштейна;
   4. Фурье.
8. Процесс распространения тепла от более нагретых элементов тела к менее нагретым называется…
   1. теплопроводностью;
   2. тепловым расширением;
   3. тепловым сжатием;
   4. теплоемкостью.
9. В чем сущность приближения Борна-Оппенгеймера?
   1. электроны в кристалле неподвижны;
   2. электроны и ядра неподвижны;
   3. неподвижны только ядра;
   4. неподвижны только электроны.
10. Что объясняет модель Кронига-Пенни?
    1. вид волновой функции электрона;
    2. форму зон Бриллюэна;
    3. существование разрешенных и запрещенных зон;
    4. наличие кристаллического поля.
11. Чему равно полное число электронных состояний в первой зоне Бриллюэна?
    1. числу фононов;
    2. числу электронов;

Согласована на портале № 78192

3. числу атомов в кристалле;
4. массе электронов.

12. Величину, равную отношению электрического момента диэлектрика к его объему называют:
    1. диэлектрической проницаемостью среды;
    2. относительной диэлектрической восприимчивостью;
    3. поляризуемостью;
    4. дипольным моментом.
13. Одной из основных характеристик любого магнетика является…
    1. относительная диэлектрическая восприимчивость;
    2. поляризуемость;
    3. намагниченность;
    4. диэлектрическая проницаемость среды.
14. Намагниченность с увеличением индукции магнитной поля…
    1. сначала возрастает, затем уменьшается;
    2. увеличивается;
    3. уменьшается;
    4. не изменяется.
15. Количество дислокации…
    1. не зависит от температуры;
    2. зависит от температуры по линейному закону;
    3. зависит от температуры по квадратичному закону;
    4. зависит от температуры по кубическому закону.
16. Между дислокациями существует:
    1. слабое упругое взаимодействие;
    2. слабое неупругое взаимодействие;
    3. сильное упругое взаимодействие;
    4. сильное неупругое взаимодействие.
17. Точечные дефекты, возникающие при облучении кристаллов быстрыми частицами, получили название…
    1. линейных дефектов;
    2. дефектов по Шоттки;
    3. дефектов по Френкелю;
    4. радиационных дефектов.
18. Один из возможных механизмов размножения дислокаций был предложен…
    1. Шоттки и Ридом;
    2. Франком и Ридом;
    3. Френкелем и Франком;
    4. Гиббсом и Ридом.
19. Образование дефектов по Шоттки уменьшает плотность кристалла из-за…
    1. увеличения его объема при постоянной массе;
    2. уменьшение его массы при постоянном объеме;
    3. уменьшением его объема и увеличением массы;
    4. уменьшение его массы и уменьшения объема.
20. При температуре абсолютного нуля уровень Ферми для собственного полупроводника располагается…
    1. посередине между дном зоны проводимости и потолком валентной зоны;
    2. посередине между дном зоны проводимости и уровнем донорной примеси;
    3. посередине между уровнем акцепторной примеси и потолком валентной зоны;
    4. находится в валентной зоне.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Собственные значения энергии с ростом номера уровня… а) уменьшается; б) увеличивается по квадратичному закону; в) увеличивается по линейному закону; г) не изменяется.
2. Минимальное значение энергии частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме определяется … а) Emin = h^2/(ma^2); б) Emin = h^2/(2ma^2); в) Emin = h^2/(4ma^2); г)

Согласована на портале № 78192

Emin = h^2/(8ma^2).

3. Круговая частота, с которой гармонический осциллятор совершает гармонические колебания, равна (K – коэффициент упругости) … а) w = [2K/m]^0.5; б) w = [K/(2m)]^0.5; в) w = [K/m]^0.5; г) w = [m/K]^0.5.
4. Принцип Паули гласит… а) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся четырьмя различными квантовыми числами; б) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся тремя одинаковыми квантовыми числами; в) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся тремя разными квантовыми числами; 14 43177 г) в атоме не может быть двух электронов в состояниях, характеризующихся четырьмя одинаковыми квантовыми числами.
5. Термин «полярон» используется применительно только к …. а) молекулярным кристаллам; б) электронным кристаллам; в) фононным кристаллам; г) ионным кристаллам.
6. Для реальных кристаллов максимальная частота имеет порядок… а) wmax = 10^11 (рад/с); б) wmax = 10^12 (рад/с); в) wmax = 10^13 (рад/с); г) wmax = 10^14 (рад/с).
7. Какой закон определяет предельное значение теплоемкости… а) Эйнштейна; б) Фурье; в) Дебая; г) Дюлонга-Пти.
8. Ангармонизмом колебаний атомов обусловлены такие свойства, как… а) теплопроводность и теплоемкость; б) тепловое расширение и теплоемкость; в) тепловое расширение и теплопроводность; г) теплоемкость и средняя длина свободного пробега.
9. Число Лоренца с помощью теории Друде рассчитывается по формуле… а) L = (k/e)^2; б) L = 3(k/e)^2; в) L = 3(k/e); г) L = 3(e/k)^2.
10. Энергия и импульс электрона в кристалле, под действием периодического поля решетки… а) увеличиваются; б) уменьшаются; в) не изменяются; г) могут, как увеличиваться, так и уменьшаться.

9.1.3. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Физика конденсированного состояния.

1. Электрон, характеризуется квантовыми числами… а) m, l, s, n; б) m, l, n; в) M, L, P, N; г) K, L, P, S.
2. Одна или большее число пар электронов становится общими для двух атом в результате, образуется … а) ионная связь; б) ковалентная связь; в) металлическая связь; г) связи не образуется.
3. Рентгеновские лучи обладают энергиями порядка … а) МэВ; б) кэВ; в) эВ; г) ГэВ.
4. Сколько существует точечных групп, которые может иметь решетка Бравэ и сколько существует решеток Бравэ: а) 14 и 7; б) 14 и 14; в) 7 и 7; г) 7 и 14.
5. Экситоны подчиняются статистике… а) Максвелла-Больцмана; б) Больцмана; в) Ферми-Дирака; г) Бозе-Эйнштейна.
6. Дисперсионной кривой называют зависимость… а) длины волны от частоты колебаний; б) частоты колебаний от длины волны; в) энергии от длины волны; г) энергии от показателя преломления.
7. Средняя амплитуда гармонического осциллятора в условиях теплового равновесия… а) A = [(2kT)/K]^0.5; б) A = [(kT)/K]^0.5; в) A = [(2T)/K]^0.5; г) A = (T/k)^0.5.
8. Поведение теплоемкость при низких температурах корректно описывает закон… а) Дебая; б) Дюлонга-Пти; в) Эйнштейна; г) Фурье.
9. Средняя скорость движения электрона равна групповой скорости волнового пакета: а) Vгр = dk/dw; б) Vгр = dw/dk; в) Vгр = k/w; г) Vгр = w/k.
10. Для каких групп твердых тел электропроводность обращается в нуль, при стремлении температуры к нулю? а) полупроводники и металлы; б) металлы и диэлектрики; в) диэлектрики и полупроводники; г) изоляторам и металлы.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Кристаллическое строение твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах
2. Собственные и примесные полупроводниковые материалы

9.2. Методические рекомендации

Согласована на портале № 78192

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 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 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;

Согласована на портале № 78192

– 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 № 78192

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 114 от «19» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Декан ФДО	И.П. Черкашина	Согласовано, 4580bdea-d7a1-4d22-bda1-21376d739cfc

ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. ТЭО	А.В. Гураков	Согласовано, 4bfa5749-993c-4879-adcf-c25c69321c91
Заведующий кафедрой, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ФЭ	В.В. Каранский	Разработано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8
Профессор, каф. ФЭ	С.В. Смирнов	Разработано, 57c2a753-1aab-4c62-b975-6090adf83285
Ассистент, каф. ТЭО	Ю.Л. Замятина	Разработано, 1663c03a-62e7-4092-902a-95591a9d4047

Согласована на портале № 78192