

**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

Документ подписан электронной подписью  
 Сертификат: 1сбсfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
 Владелец: Троян Павел Ефимович  
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**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: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**

Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	12	12	часов
2	Лабораторные работы	8	8	часов
3	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
4	Всего контактной работы	22	22	часов
5	Самостоятельная работа	113	113	часов
6	Всего (без экзамена)	135	135	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	9	9	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
			4.0	З.Е.

Контрольные работы: 4 семестр - 1

Экзамен: 4 семестр

Томск 2018

## 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 ПрЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)

\_\_\_\_\_ Н. С. Легостаев

доцент кафедры физической электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ Е. В. Саврук

Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ

\_\_\_\_\_ С. Г. Михальченко

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО

\_\_\_\_\_ И. П. Черкашина

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ

\_\_\_\_\_ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО)

\_\_\_\_\_ Ю. В. Морозова

Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)

\_\_\_\_\_ В. Д. Семенов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Освоение теоретических основ строения конденсированных материалов и их физических свойств.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Установление зависимостей физических свойств конденсированных материалов от их химического состава и структуры.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» (Б1.Б.11) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Материалы электронной техники, Твердотельная электроника, Физика, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Квантовая и оптическая электроника, Магнитные элементы электронных устройств, Нанoeлектроника, Научно-исследовательская работа, Основы преобразовательной техники, Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности, Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, Преддипломная практика, Учебно-исследовательская работа.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

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

– ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные закономерности формирования конденсированного состояния; строение молекул и кристаллов; основные параметры и характеристики конденсированных материалов и их связь с составом и структурой.

– **уметь** выбирать материал с оптимальными свойствами для реализации задач электроники; использовать физико-математический аппарат для расчета физических характеристик конденсированных материалов.

– **владеть** навыками комплексного подхода к выбору материалов с оптимальными свойствами; методикой расчета физических характеристик конденсированных материалов.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Контактная работа (всего)	22	22
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	12	12
Лабораторные работы	8	8

Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	113	113
Подготовка к контрольным работам	39	39
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Подготовка к лабораторным работам	12	12
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	54	54
Всего (без экзамена)	135	135
Подготовка и сдача экзамена	9	9
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	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	СРП, ч	Лаб. раб., ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Электронная структура твердых тел. Структура и симметрия кристаллов.	2	4	2	20	26	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2 Квазичастицы. Тепловые колебания в кристалле.	2	0		6	8	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	1	0		6	7	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4 Зонная теория твердых тел.	0	0		6	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
5 Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел.	0	0		7	7	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
6 Структурные дефекты в кристаллах.	1	0		6	7	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
7 Собственные и примесные полупроводниковые материалы.	0	4		20	24	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
8 Явления переноса заряда в полупроводниках и металлах.	0	0		6	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	0	0		4	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
10 Неравновесные носители заряда.	0	0		6	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	2	0		8	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
12 Оптические свойства полупровод-	4	0		18	22	ОПК-1, ОПК-

ников.						2, ПК-2
Итого за семестр	12	8	2	113	135	
Итого	12	8	2	113	135	

## 5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 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.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
	Итого	2	
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	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
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, ПК-2
	Итого	1	
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, ПК-2
	Итого	1	
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	Природа поверхностных состояний. Влияние поверхностного потенциала на электропроводность. Быстрые и медленные состояния. Скорость поверхностной рекомбинации. Влияние поверхностной	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

	рекомбинации на распределение неравно- весных носителей заряда.		
	Итого	2	
12 Оптические свойства полупроводников.	Оптические коэффициенты. Основные механизмы поглощения света в полупро- водниках. Собственное поглощение при прямых переходах. Собственное поглоще- ние при непрямах переходах. Экситонное поглощение. Поглощение света свободны- ми носителями заряда. Примесное погло- щение. Решеточное поглощение. Люми- несценция полупроводников. Рекомбина- ционное излучение при фундаментальных переходах. Экситонная рекомбинация. Ре- комбинационное излучение при перехо- дах между зоной и примесными уровня- ми. Релаксация люминесценции и ее тем- пературное гашение. Фотопроводимость. Релаксация фотопроводимости. Фотопро- водимость при наличии поверхностной рекомбинации носителей заряда. Фото- вольтаические эффекты в полупроводни- ках. Внешний фотоэффект в полупровод- никах.	4	ОПК-1, ОПК- 2, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

### 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	10	11	12
<b>Предшествующие дисциплины</b>												
1 Материалы элек- тронной техники	+			+	+		+					+
2 Твердотельная элек- троника				+				+	+	+	+	
3 Физика	+			+	+							+
4 Химия	+				+							
<b>Последующие дисциплины</b>												
1 Защита выпускной квалификационной ра- боты, включая подго- товку к процедуре за- щиты и процедуру за- щиты							+		+		+	

2 Квантовая и оптическая электроника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Магнитные элементы электронных устройств					+							
4 Нанoeлектроника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5 Научно-исследовательская работа					+		+		+			+
6 Основы преобразовательной техники					+		+		+			+
7 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности	+		+	+	+		+					+
8 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	+				+		+					+
9 Преддипломная практика					+		+					+
10 Учебно-исследовательская работа					+		+		+			+

#### 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
	СРП	Лаб. раб.	КСР	Сам. раб.	
ОПК-1	+		+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Тест
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Тест
ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, 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
4 семестр			
1 Электронная структура твердых тел. Структура и симметрия кристаллов.	Изучение кристаллического строения твердых тел и дифракции рентгеновского излучения в кристаллах.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
7 Собственные и примесные полупроводниковые материалы.	Изучение термоэлектрических и гальваномагнитных явлений в примесных полупроводниках.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		8	

## 8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

№	Вид контроля самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
4 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
Итого		2	

## 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
4 семестр				
1 Электронная структура твердых тел. Структура и симметрия кристаллов.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	20		
2 Квазичастицы. Тепловые колебания в кристалле.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	2		



	ным работам			
	Итого	6		
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	6		
4 Зонная теория твердых тел.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	6		
5 Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	3		
	Итого	7		
6 Структурные дефекты в кристаллах.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	6		
7 Собственные и примесные полупроводниковые материалы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	20		
8 Явления переноса заряда в полупроводниках и металлах.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	6		
9 Свойства полупроводников в сильных	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен

электрических полях.	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	4		
10 Неравновесные носители заряда.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	6		
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	8		
12 Оптические свойства полупроводников.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	8		
	Итого	18		
	Выполнение контрольной работы	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа
Итого за семестр		113		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		122		

**10. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)**  
Не предусмотрено РУП.

**11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся**  
Рейтинговая система не используется.

## **12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **12.1. Основная литература**

1. Саврук Е. В. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. В. Саврук, С. В. Смирнов. – Томск ТУСУР, ФДО, 2015. – 383 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 15.08.2018).

### **12.2. Дополнительная литература**

1. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. - Электрон. дан. - Москва Издательство "Лаборатория знаний", 2015. - 296 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <http://lanbook.fdo.tusur.ru> (дата обращения: 15.08.2018).

2. Кульков, В.Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Г. Кульков. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург Лань, 2017. - 272 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <http://lanbook.fdo.tusur.ru> (дата обращения: 15.08.2018).

## 12.3. Учебно-методические пособия

### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Саврук Е. В. Физика конденсированного состояния : электронный курс / Е. В. Саврук, С. В. Смирнов. – Томск: ТУСУР, ФДО, 2015. Доступ из личного кабинета студента.
2. Саврук Е. В. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: методические указания по лабораторным работам / Е.В. Саврук, С.В. Смирнов. - Томск Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2015. - 59 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 15.08.2018).
3. Легостаев Н. С. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения технических направлений, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / Н. С. Легостаев, С. Г. Михальченко. – Томск, ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 15.08.2018).

### 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;
- 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. ЭБС «Лань»: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com) (доступ из личного кабинета студента по ссылке <http://lanbook.fdo.tusur.ru>).
2. ЭБС «Юрайт»: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru) (доступ из личного кабинета студента по ссылке <https://biblio.fdo.tusur.ru/>).

## 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 дисциплины

Кабинет для самостоятельной работы студентов  
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

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

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip
- Google Chrome

- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Microsoft Windows
- OpenOffice

### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Кабинет для самостоятельной работы студентов

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

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

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- MathCAD (с возможностью удаленного доступа)
- Microsoft Windows
- OpenOffice

### **13.1.3. 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. Первая теория строения атома водорода, которая успешно объясняла наиболее важные его свойства была предложена...

а) Ньютоном; б) Эйнштейном; в) Бором; г) де Бройлем.

2. Боровский радиус на n-ой орбите можно определить ( $a_0$  – первый боровский радиус)...

а)  $R_n = n \times a_0$ ; б)  $R_n = n^2 \times a_0$ ; в)  $R_n = a_0/n^2$ ; г)  $R_n = a_0/n$ .

3. Акустические волны представляют...

а) звуковые (одна продольная и две поперечные); б) звуковые (две продольные и две поперечные); в) звуковые (одна продольная и три поперечные); г) звуковые (три продольные и две поперечные).

4. Электроны подчиняются статистике...

а) Максвелла-Больцмана; б) Больцмана; в) Ферми-Дирака; г) Бозе-Эйнштейна.

5. Физическая величина, определяющая отношение бесконечно малого количества теплоты, полученного телом, к соответствующему приращению его температуры называется...

а) теплопроводностью; б) тепловым расширением; в) тепловым сжатием; г) теплоемкостью.

6. Формула для теплоемкости по закону Дюлонга-Пти имеет вид:

а)  $C_v = kT$ ; б)  $C_v = 3RT$ ; в)  $C_v = 3R$ ; г)  $C_v = 3NkT$ .

7. Что объясняет модель Кронига-Пенни?

а) вид волновой функции электрона; б) форму зон Бриллюэна; в) существование разрешенных и запрещенных зон; г) наличие кристаллического поля.

8. Какое условие удовлетворяет периодичности решетки Бравэ...

а)  $U(R - r) = U(r)$ ; б)  $U(R + r) = U(R)$ ; в)  $U(R + r) = U(r)$ ; г)  $U(R - r) = U(R)$ .

9. Величину, равную отношению электрического момента диэлектрика к его объему называют:

а) диэлектрической проницаемостью среды; б) относительной диэлектрической восприимчивостью;

в) поляризуемостью; г) дипольным моментом.

10. Что такое конфигурационная энтропия?

а)  $S = dQ/T$ ; б)  $S = 3kz \ln(v / v_1)$ ; в)  $S = k \ln W$ .

11. Сколько участков различной крутизны содержит зависимость  $\ln n_f(1/T)$  для полупроводника с одним типом легирующей примеси.

а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

12. Условие электронейтральности для собственно полупроводника выглядит следующим образом...

а)  $n_0 + p_0 = n_i$ ; б)  $n_0 - p_0 = n_i$ ; в)  $n_0 + p_0 = n_i^2$ ; г)  $n_0 = p_0$ .

13. При температуре абсолютного нуля уровень Ферми для собственного полупроводника располагается...

а) посередине между дном зоны проводимости и потолком валентной зоны;

- б) посередине между дном зоны проводимости и уровнем донорной примеси;
- в) посередине между уровнем акцепторной примеси и потолком валентной зоны;
- г) находится в валентной зоне.

14. От каких параметров электронного полупроводника зависит коэффициент термо-ЭДС ?

- а) от эффективной плотности состояний в зоне проводимости, концентрации электронов и типа рассеяния;
- б) от концентрации и подвижности электронов, от температуры;
- в) от типа рассеяния и температуры;
- г) от концентрации дырок и их подвижности.

15. Какую эффективную массу имеют электроны в GaAs в нижней и верхней долинах?

- а) 0,92m, 0,19m; б) 0,082m, 1,59m; в) 0,072m, 1,2m; г) 1,5m, 0,5m.

16. Что такое процесс генерации неравновесных носителей?

- а) процесс, приводящий к появлению свободных электронов и дырок;
- б) процесс, приводящий к исчезновению электронов и дырок;
- в) процесс рассеяния носителей на ионах примеси;
- г) процесс, приводящий к появлению кванта света.

17. Плотность таммоновских уровней равна плотности поверхностных атомов и приблизительно составляет...

- а)  $10^{15} \text{ см}^{-2}$ ; б)  $10^{16} \text{ см}^{-2}$ ; в)  $10^{17} \text{ см}^{-2}$ ; г)  $10^{18} \text{ см}^{-2}$ .

18. Коэффициент поглощения характеризует интенсивность света:

- а) прошедшего через образец;
- б) поглощенного в образце с единичной толщиной;
- в) поглощенного в образце в единицу времени;
- г) вошедшего в образец.

19. Что такое фотопроводимость?

- а) проводимость, обусловленная высокой концентрацией вводимых в полупроводник извне фотонов;
- б) проводимость полупроводника, обусловленная его нагревом оптическим излучением;
- в) добавочная проводимость, обусловленная носителями заряда созданные оптической генерацией;
- г) уменьшение проводимости полупроводника, обусловленная поглощением квантов света.

20. Как определяется коэффициент отражения R реального полупроводника с коэффициентом преломления n и коэффициентом поглощения k ?

- а)  $R = [(n - 1)^2 + k^2] / [(n + 1) + k]$ ;
- б)  $R = [(n - 1)^2 + k^2] / [(n + 1)^2 + k^2]$ ;
- в)  $R = [(n + 1)^2 + k^2] / [(n + 1)^2 + k^2]$ ;
- г)  $R = [(n - 1)^2 - k^2] / [(n + 1)^2 - k^2]$ .

#### 14.1.2. Экзаменационные тесты

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)  $E_{\text{min}} = h^2/(ma^2)$ ; б)  $E_{\text{min}} = h^2/(2ma^2)$ ; в)  $E_{\text{min}} = h^2/(4ma^2)$ ; г)  $E_{\text{min}} = h^2/(8ma^2)$ .

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;

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)  $\omega_{\max} = 10^{11}$  (рад/с); б)  $\omega_{\max} = 10^{12}$  (рад/с); в)  $\omega_{\max} = 10^{13}$  (рад/с); г)  $\omega_{\max} = 10^{14}$  (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.

11. Приближение, учитывающее различный характер движения ядер и электронов, получило название...

а) приближения Борна-Оппенгеймера; б) приближения Шредингера; в) приближения Блоха; г) приближения Бора.

12. Время установления электронной упругой поляризации составляет...

а)  $10^{-17}$  -  $10^{-18}$ ; б)  $10^{-16}$  -  $10^{-17}$ ; в)  $10^{-14}$  -  $10^{-15}$ ; г)  $10^{-12}$  -  $10^{-13}$ .

13. В диэлектриках с релаксационной поляризацией тангенс угла диэлектрических потерь существенно изменяется с изменением...

а) только температуры;

б) только частоты;

в) температуры и напряженности электрического поля;

г) температуры и частоты.

14. Для ферромагнетиков полный цикл перемагничивания описывается...

а) зависимостью намагниченности от частоты;

б) зависимостью намагничивания от температуры;

в) зависимостью намагниченности от напряженности магнитного поля;

г) зависимостью магнитной индукции от частоты.

15. Какие из указанных дефектов относятся к точечным?

а) электроны и дырки проводимости;

б) дислокации и трещины;

в) вакансии и атомы в междоузлиях;

г) границы зерен и поверхность кристалла.

16. Что такое F-центр?

а) анионная вакансия с локализованным электроном;

б) междоузельный атом;

в) катионная вакансия с локализованной дыркой;

г) дефект нестехиометрии.

17. Какие полупроводники относятся к элементарным?

а) ZnS, CdS, PbS;

б) GaAs, InSb, InAs;

в) Ge, Si;

г) AlAs, N, AlP.

18. Условие полной ионизации доноров имеет вид...

а)  $n = Nd$ ; б)  $p = Nd$ ; в)  $n = Na$ ; г)  $p = Na$ .

19. Длина свободного пробега зависит от энергии по степенному, закону, при рассеивании на акустических фонах, эта степень принимает значение:

а) 1; б) -1; в) 0; г) 1/2.

20. Туннельный эффект Зинера наблюдается в полях с напряженностью электрического поля...

а)  $10^6$  В/см; б)  $10^4$  В/см; в)  $10^2$  В/см; г) 10 В/см.

### 14.1.3. Темы контрольных работ

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)  $V_{гр} = dk/dw$ ; б)  $V_{гр} = dw/dk$ ; в)  $V_{гр} = k/w$ ; г)  $V_{гр} = w/k$ .

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.

11. Важным отличием тепловой поляризации от упругой поляризации является...

а) слабая зависимость поляризуемости от температуры;

б) сильная зависимость поляризуемость от напряженности электрического поля;

в) слабая зависимость поляризуемость от напряженности электрического поля;

г) сильная зависимость поляризуемости от температуры.

12. Время установления ионной поляризации составляет...

а)  $10^{-17}$  -  $10^{-18}$ ; б)  $10^{-16}$  -  $10^{-17}$ ; в)  $10^{-14}$  -  $10^{-15}$ ; г)  $10^{-12}$  -  $10^{-13}$ .

13. В результирующий магнитный момент свободного атома вносят вклад:

а) только спиновые магнитные моменты;

б) спиновые и орбитальные магнитные моменты;



- в) только орбитальные магнитные моменты;
- г) только спиновые нескомпенсированные магнитные моменты.

14. Какие из указанных дефектов относятся к линейным?

- а) электроны и дырки проводимости;
- б) дислокации и микротрещины;
- в) вакансии и атомы в междоузлиях;
- г) границы зерен и поверхность кристалла.

15. Какие полупроводники относятся к группе АIII ВV ?

- а) ZnS, CdS, PbS;
- б) GaAs, InSb, InAs;
- в) Ge, Si;
- г) AlAs, AlP, Si.

16. Какой тип примеси создает Si в кристалле GaAs?

- а) акцепторную;
- б) донорную;
- в) нейтральную;
- г) многозарядную.

17. Фактор рассеивания на акустических колебаниях решетки равен

- а) 0; б) 1; в) 2; г) 4.

18. При электростатической ионизации напряженность поля, при которой имеет место заметной увеличение концентрации, составляет...

- а)  $10^6$  В/см; б)  $(10^4 - 10^5)$  В/см; в)  $(10^2 - 10^3)$  В/см; г) 10 В/см.

19. Рекомбинация, при которой энергия, выделяемая при рекомбинации электронно-дырочной пары, передается всему коллективу электронов и дырок, называется...

- а) плазменной рекомбинацией;
- б) ударной рекомбинацией;
- в) фононной рекомбинацией;
- г) рекомбинацией через локальные центры.

20. Если поглощение весьма мало, то коэффициент отражения выражается

- а)  $R = (n+1)^2/(n-1)^2$ ; б)  $R = (n-1)^2/(n+1)^2$ ; в)  $R = n^2/(n+1)^2$ ; г)  $R = (n-1)^2/n^2$ .

#### 14.1.4. Темы лабораторных работ

Изучение кристаллического строения твердых тел и дифракции рентгеновского излучения в кристаллах.

Изучение термоэлектрических и гальваномагнитных явлений в примесных полупроводниках.

#### 14.1.5. Методические рекомендации

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

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных 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 необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;
- если в тексте встречаются термины, следует выяснить их значение для понимания даль-

нейшего материала;

- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

#### **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

#### **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.