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

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: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	16	16	часов
2	Лабораторные работы	8	8	часов
3	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
4	Всего контактной работы	26	26	часов
5	Самостоятельная работа	145	145	часов
6	Всего (без экзамена)	171	171	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	9	9	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
			5.0	З.Е.

Контрольные работы: 5 семестр - 1
Экзамен: 5 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 42829

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 1 от « 2 » 7 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 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

Согласована на портале № 42829

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, Наноэлектроника, 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 наноэлектроники 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 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Контактная работа (всего)	26	26
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	16	16
Лабораторные работы	8	8

Согласована на портале № 42829

Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	145	145
Подготовка к контрольным работам	59	59
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Подготовка к лабораторным работам	12	12
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	66	66
Всего (без экзамена)	171	171
Подготовка и сдача экзамена	9	9
Общая трудоемкость, ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	

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
5 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		14	16	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	2	0		10	12	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		11	11	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
6 Структурные дефекты в кристаллах.	2	0		10	12	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		8	8	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	2	0		8	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
10 Неравновесные носители заряда.	0	0		10	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
11 Поверхностные явления в полупроводниках.	2	0		10	12	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
12 Оптические свойства полупровод-	4	0		18	22	ОПК-1, ОПК-

Согласована на портале № 42829

ников.						2, ПК-2
Итого за семестр	16	8	2	145	171	
Итого	16	8	2	145	171	

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
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.	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.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
	Итого	2	
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.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
	Итого	2	
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	Разогрев электронно-дырочного газа. Эффект Ганна. Ударная ионизация. Эффект Зинера. Электростатическая ионизация.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
	Итого	2	

Согласована на портале № 42829

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.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
	Итого	2	
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.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

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
Предшествующие дисциплины												
1 Материалы электронной техники	+			+	+		+					+
2 Твердотельная электроника				+				+	+	+	+	
3 Физика	+			+	+							+
4 Химия	+				+							
Последующие дисциплины												
1 Защита выпускной					+		+		+			+

Согласована на портале № 42829

квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты												
2 Квантовая и оптическая электроника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Магнитные элементы электронных устройств					+							
4 Наноэлектроника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
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

Согласована на портале № 42829

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
5 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
5 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
5 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 контроль-	4		

Согласована на портале № 42829

	ным работам			
	Итого	20		
2 Квазичастицы. Тепловые колебания в кристалле.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	14		
3 Тепловые и упругие свойства кристаллов.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	10		
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	7		
	Итого	11		
6 Структурные дефекты в кристаллах.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	10		
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	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен

Согласована на портале № 42829

металлах.	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	8		
9 Свойства полупроводников в сильных электрических полях.	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		
10 Неравновесные носители заряда.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	10		
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	6		
	Итого	10		
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		145		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		154		

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: 14.08.2018).

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 Издатель-

Согласована на портале № 42829

ство "Лаборатория знаний", 2015. - 296 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: http://lanbook.fdo.tusur.ru (дата обращения: 14.08.2018).

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: 14.08.2018).

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: 14.08.2018).

3. Легостаев Н. С. Физика конденсированного состотояния [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: 14.08.2018).

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 (доступ из личного кабинета студента по ссылке http://lanbook.fdo.tusur.ru).

2. ЭБС «Юрайт»: 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.);

Согласована на портале № 42829

- 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.

Согласована на портале № 42829

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 (a0 – первый боровский радиус)…

а) Rn = n x a0; б) Rn = n^2 x a0; в) Rn = a0/n^2; г) Rn = a0/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) Cv = kT; б) Cv = 3RT; в) Cv = 3R; г) Cv = 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 / v1); в) S = k lnW.

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

Согласована на портале № 42829

а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

12. Условие электронейтральности для собственно полупроводника выглядит следующим образом…

а) n0 + p0 =ni; б) n0 - p0 =ni; в) n0 + p0 =ni^2; г) n0 = p0.

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 см^2; б) 10^16 см^2; в) 10^17 см^2; г) 10^18 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 зарядаб 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) Emin = h^2/(ma^2); б) Emin = h^2/(2ma^2); в) Emin = h^2/(4ma^2); г) 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.

Согласована на портале № 42829

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) 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.

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;

Согласована на портале № 42829

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 фононах, 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) 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.

11. Важным отличием тепловой поляризации от упругой поляризации является…

а) слабая зависимость поляризуемости от температуры;

б) сильная зависимость поляризуемость от напряженности электрического поля;

Согласована на портале № 42829

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 AIII BV ?
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-

Согласована на портале № 42829

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 дальнейшего 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 здоро-

Согласована на портале № 42829

вья 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 № 42829