МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

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

ТУСУР | TUSUR UNIVERSITY

УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат

Направления подготовки **12.03.03** «Фотоника и оптоинформатика»

Направленность (профиль) Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра электронных приборов (ЭП)

Курс 3 **Семестр** 5

Учебный план набора 2013 года.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции					20				20	часов
2.	Лабораторные работы					16				16	часов
3.	Практические занятия					18				18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)					-				-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)					54				54	часов
6.	Из них в интерактивной форме					30				30	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)					54				54	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)					108				108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена					36				36	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)					144				144	часов
	(в зачетных единицах)					4				4	ЗЕ

Экзамен 5 **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 6292

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от « 8 » 9 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 03 сентября 2015 г. № 958, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «08» 09 2016 г., протокол № 73.

Разработчики:

Профессор кафедры ФЭ	/	С. В. Смирнов
Доцент кафедры ФЭ	/	Е. В. Саврук
Ассистент кафедры ФЭ	/	В.В. Каранский

Заведующий кафедрой

Профессор кафедры ФЭ	/	П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан ФЭТ	/	А.И. Воронин
Зав. профилирующей кафедрой ЭП	/	С.М. Шандаров
Зав. выпускающей кафедрой ЭП	/	С.М. Шандаров

Эксперты:

Председатель методической комиссии факультета ФЭТ	/	И.А. Чистоедова
Председатель методической комиссии кафедры ЭП	/	Л.Н. Орликов

Согласована на портале № 6292

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» является освоение теоретических основ строения твердотельных материалов, их свойств, процессов и эффектов в твердых телах.

Задачей изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» является приобретение навыков и умений определения электрофизических и оптических параметров твердых тел.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с основной образовательной программой дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика» (Б1.В.ДВ.10.2).

Основой для изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» являются курсы: математика, физика, химия, квантовая механика, оптическая физика, оптическое материаловедение.

Основные положения дисциплины «Физика конденсированного состояния» должны быть использованы при изучении следующих дисциплин: основы фотоники, физические основы квантовой и оптической электроники.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих компетенций:

- способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);
- способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-2);
- готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов (ПК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

знать:

– основные закономерности формирования конденсированного состояния;
– физико-химические основы взаимодействия между основными материалами электронной техники;
– современные достижения в области физики твердого тела;
– основные характеристики конденсированных материалов и их связь с составом и структурой;
– параметры конденсированных материалов и особенности их измерения;

уметь:

– выбирать материал с оптимальными свойствами для реализации задач электроники;
– использовать физико-математический аппарат для расчета электрических и оптических характеристик материала;
– выбирать методы исследования параметров конденсированных материалов, используемых в электронной технике;

владеть:

– навыками комплексного подхода к выбору необходимых свойств материалов;
– методикой расчета электрических и оптических параметров материалов электронной техники;
– методами исследования параметров конденсированных материалов.

Согласована на портале № 6292

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	**54**	**54**
В том числе:		
Лекции	20	20
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**54**	**54**
В том числе:		
Проработка лекционного материала	10	10
Подготовка к лабораторным работам	12	12
Выполнение практических заданий	16	16
Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2	8	8
Подготовка к контрольным работам КР-1, КР-2	4	4
Подготовка к тестам Т-1, Т-2	4	4
Вид промежуточной аттестации	**36**	**36**
Экзамен	36	36
Общая трудоемкость, час	**144**	**144**
Зачетные Единицы	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ОПК, ПК, ПСК)
1.	Введение, цели и задачи дисциплины	1	-	-	-	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	Структура и симметрия кристаллов. Обратная решетка	3	3	-	9	15	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3.	Дифракция рентгеновских лучей. Твердое тело – как газ квазичастиц. Тепловые колебания решетки	3	3	-	9	15	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4.	Тепловые и упругие свойства кристаллов	3	3	4	9	19	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
5.	Основы зонной теории	3	3	4	9	19	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
6.	Оптические, диэлектрические и магнитные свойства твердых тел	4	3	4	9	20	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
7.	Фазовые переходы. Дефекты в кристаллах. Сверхтекучесть и сверхпроводимость	3	3	4	9	19	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
	ИТОГО	**20**	**18**	**16**	**54**	**108**	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ОПК, ПК, ПСК)
1.	Введение, цели и задачи дисциплины	Предмет дисциплины и ее задачи. Основные этапы исторического развития физики конденсированного состояния. Связь с другими дисциплинами.	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	Структура и симметрия кристаллов. Обратная решетка	Кристаллические и некристаллические вещества. Идеальные кристаллы. Симметрия кристаллов. Пространственная решетка. Кристаллографические категории, системы и сингонии. Группы точечной симметрии. Трансляционная симметрия.	3	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

Согласована на портале № 6292

		Сингонии и решетки Бравэ.		
3.	Дифракция рентгеновских лучей. Твердое тело – как газ квазичастиц. Тепловые колебания решетки	Уравнения Лауэ и Брэгга-Вульфа. Интерференция. Рассеяние волн в кристаллах. Атомный и структурный факторы рассеяния. Дифракция как метод определения структуры кристаллов. Экспериментальные методы получения рентгенограмм. Классификация квазичастиц. Закономерности взаимодействия квазичастиц. Тепловые колебания решетки. Одномерные колебания в модельной решетке. Дисперсионные соотношения. Колебания в решетке с базисом. Оптические и акустические колебания. Фононы. Статистика фононов.	3	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4.	Тепловые и упругие свойства кристаллов	Упругие напряжения и деформации. Модули упругости и упругие постоянные. Закон Гука для изотропных и анизотропных кристаллов. Пластичность и разрушение. Теплоемкость. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и Пти. Теории Эйнштейна и Дебая. Ангармонизм колебаний. Тепловое расширение и теплопроводность. Экспериментальные методы исследования тепловых свойств и колебательных спектров твердых тел.	3	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
5.	Основы зонной теории	Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение. Метод Хартри-Фока. Одноэлектронная задача. Самосогласованное поле. Теорема Блоха. Модель Крёнига-Пенни. Эффективная масса. Приближение слабой и сильной связи. Зонный спектр металлов, диэлектриков и полупроводников. Энергетические схемы конкретных материалов. Понятие о дырках. Экспериментальные методы определения эффективной массы и поверхности Ферми.	3	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
6.	Оптические, диэлектрические и магнитные свойства твердых тел	Оптические константы. Механизмы поглощения света. Собственное поглощение. Прямые и непрямые переходы. Экситонное поглощение. Поглощение свободными носителями. Примесное и решеточное поглощение. Влияние внешних факторов на спектры поглощения. Фотопроводимость. Оптическая спектроскопия. Катодо- и фотолюминесценция. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость кристаллов. Парамагнетики и диамагнетики, ферромагнетики и антиферромагнетики.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
7.	Фазовые переходы. Дефекты в кристаллах. Сверхтекучесть и сверхпроводимость	Сверхпроводники 1 и 2 рода; теория Бардина-Купера-Шриффера. Дефекты в кристаллах. Механизмы диффузии. Жидкие кристаллы и аморфные материалы.	3	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
Предшествующие дисциплины								
1.	математика	-	+	+	+	+	+	+
2.	физика	+	+	+	+	+	+	+
3.	химия	-	+	+	+	+	+	+
4.	квантовая механика	+	+	+	+	+	+	+
5.	оптическая физика	+	+	+	+	+	+	+
6.	оптическое материаловедение	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины								
1.	основы фотоники	+	+	+	+	+	+	+
2.	физические основы квантовой электроники и фотоники	+	-	+	-	+	+	+

Согласована на портале № 6292

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

Перечень компетенций	Виды занятий				Формы контроля
	Л	ПЗ	ЛР	СРС	
ОПК-1	+	+	+	+	Опрос на лекции, отчет по лабораторной работе, отчет по практической работе, защита индивидуального задания, контрольная работа, тест, экзамен
ОПК-2	+	+	+	+	Опрос на лекции, отчет по лабораторной работе, отчет по практической работе, защита индивидуального задания, контрольная работа, тест, экзамен
ПК-2	+	+	+	+	Опрос на лекции, отчет по лабораторной работе, отчет по практической работе, защита индивидуального задания, контрольная работа, тест, экзамен

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лабораторные занятия	Всего
Работа в команде		4	16	**20**
Опрос на лекциях	4			**4**
Презентация с видео и раздаточным материалов	6			**6**
Итого интерактивных занятий	10	4	16	**30**

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК, ПСК
1.	**3**	Определение частоты колебаний поперечных оптических фононов в ионных кристаллах	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	**4**	Исследование температурной зависимости электропроводности аморфных полупроводников	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3.	**5**	Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4.	**6**	Исследование температурной зависимости электропроводности поликристаллических ферромагнетиков	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

Согласована на портале № 6292

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК, ПСК
1.	**2**	Электрон. Волновые свойства. Основы квантовой механики	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	**2**	Виды химических связей. Энергия связи	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3.	**2**	Кристаллическое строение твердых тел. Решетка Бравэ	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4.	**3**	Дифракция рентгеновских лучей	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
5.	**3**	Нормальные колебания решетки. Фононы	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
6.	**4**	Тепловые и упругие свойства твердых тел	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
7.	**5**	Статистика электронов. Распределение Ферми-Дирака	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
8.	**5**	Уровень Ферми. Зонные диаграммы твердых тел	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
9.	**6**	Электропроводность твердых тел	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
10.	**7**	Дефекты в кристаллах. Дефекты по Шоттки. Дефекты по Френкелю	1	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
11.	**2, 4**	КР-1. Химические связи. Кристаллическое строение. Фононы	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
12.	**5, 6**	КР-2. Распределение Ферми-Дирака. Электропроводность. Уровень Ферми	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	**2-7**	Проработка лекционного материала	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Опрос на лекциях
3.	**3 – 6**	Подготовка к лабораторным работам, написание отчетов	12	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Отчеты по лабораторным работам
4.	**2 – 7**	Выполнение практических заданий	16	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Отчеты по практическим работам
5.	**2, 3, 7**	Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2	8	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Защита индивидуальных заданий
6.	**2, 4, 5, 6**	Подготовка к контрольным работам КР-1, КР-2	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Результаты контрольных работ
7.	**2 – 7**	Подготовка к тестам Т-1, Т-2	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Результаты тестов
8.	**2 – 7**	Подготовка и сдача экзамена	36	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Оценка на экзамене

Тематика индивидуальных заданий и вопросы для подготовки к экзамену приведены в приложении к данной рабочей программе.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля дисциплины

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Выполнение и защита индивидуального задания ИЗ-1	7			**7**
Выполнение и защита индивидуального задания ИЗ-2			7	**7**
Контрольная работа КР-1		5		**5**
Контрольная работа КР-2			5	**5**
Выполнение и защита лабораторных работ		10	10	**20**
Выполнение и защита практических за-	6	6	6	**18**

Согласована на портале № 6292

даний				
Тест Т-1	4			**4**
Тест Т-2			4	**4**
Итого максимум за период:	**17**	**21**	**32**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**17**	**38**	**70**	**100**

В экзаменационных билетах содержится 5 вопросов, из них три теоретических вопроса по лекционным занятиям (по 8 баллов каждый) и две задачи (по 3 балла каждая).

Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

1. Физика конденсированного состояния: учебное пособие для вузов / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 294 с. (**45**)

12.2 Дополнительная литература

1. Смирнов С.В. Физика твердого тела: учебное пособие. – Томск, ТГУ, 2003. – 276 с. **(24)**

2. Физика твердого тела. Под редакцией Верещагина И.К. – М.: Высшая школа, 2001. – 238 с. (**14**)

3. Протасов Ю.С., Чувашев С.Н. Твердотельная электроника. – Изд. МГТУ им. Баумана, 2003. – 189 с. (**2**)

4. Чупрунов Е.В. Кристаллография: Учебник для вузов / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фадеев. – М.: Физматлит, 2000. – 496 с. (**1**)

5. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие / ред.: Л.А. Алешина. – М.: Техносфера, 2007. – 518 с. **(1)**

6. Павлов П.В. Физика твердого тела: Учебник для вузов / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – 3-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 496 с. (**60**)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Смирнов С.В., Зариковская Н.В. Физика конденсированного состояния. Физика полупроводников: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплинам «Физика конденсированного состояния» и «Физика полупроводников» для студентов направлений подготовки 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника». – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 35 с. – [электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Smirnov/%D0%A1%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0

Согласована на портале № 6292

%B2_%D0%A1%D0%92_-_%D0%A4%D0%A2%D0%A2.zip

2. Саврук Е. В., Физика конденсированного состояния: Учебное-методическое пособие (по лабораторным работам) [Электронный ресурс] / Саврук Е. В., Каранский В. В., Смирнов С. В. — Томск: ТУСУР, 2016. — 44 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6270.

3. Математический пакет MathCad или Mathematica.

4. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: http://www.ph4s.ru/

2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/

3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru

4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лабораторные работы проводятся в специально оборудованной лаборатории «Физики конденсированного состояния и материалов электронной техники» (ауд. 119, корп. ФЭТ).

Перечень лабораторных макетов:

1. Лабораторный макет для исследования температурной зависимости электропроводности поликристаллических ферромагнетиков;

2. Лабораторный макет для определения частоты колебаний поперечных оптических фононов в ионных кристаллах;

3. Лабораторный макет для определения ширины запрещенной зоны полупроводников и концентрации носителей заряда;

4. Лабораторный макет для определения концентрация носителей заряда в полупроводниках методом термо-ЭДС.

Согласована на портале № 6292

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ П.Е. Троян
«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат

Направления подготовки **12.03.03** «Фотоника и оптоинформатика»

Направленность (профиль) Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра электронных приборов (ЭП)

Курс 3 **Семестр** 5

Учебный план набора 2013 года.

Экзамен 5 **семестр**

Разработчики:

Профессор кафедры ФЭ / С. В. Смирнов

Доцент кафедры ФЭ / Е. В. Саврук

Ассистент кафедры ФЭ / В.В. Каранский

Томск 2016

Согласована на портале № 6292

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по учебной дисциплине «Физика конденсированного состояния» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Физика конденсированного состояния» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);	*знать* основные закономерности формирования конденсированного состояния; *знать* физико-химические основы взаимодействия между основными материалами электронной техники; *знать* современные достижения в области физики твердого тела; *знать* основные характеристики конденсированных материалов и их связь с составом и структурой; *знать* параметры конденсированных материалов и особенности их измерения. *уметь* выбирать материал с оптимальными свойствами для реализации задач электроники; *уметь* выбирать методы исследования параметров конденсированных материалов, используемых в электронной технике; *уметь* использовать физико-математический аппарат для расчета электрических и оптических характеристик материала; *владеть* навыками комплексного подхода к выбору необходимых свойств материалов; *владеть* методами исследования параметров конденсированных материалов. *владеть* методикой расчета электрических и оптических параметров материалов электронной техники;
ОПК-2	способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-2);	
ПК-2	готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов (ПК-2).	

2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1 Компетенция ОПК-1

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* основные закономерности формирования конденсированного состояния; *знает* физико-химические основы взаимодействия между основными материалами электронной техники;	*умеет* выбирать материал с оптимальными свойствами для реализации задач электроники	*владеет* навыками комплексного подхода к выбору необходимых свойств материалов
Виды занятий	Лекции; Практические занятия;	Практические занятия; Лабораторные работы;	Лабораторные работы

Согласована на портале № 6292

	Групповые консультации	Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	
Используемые средства оценивания	Опросы на лекциях; Практические задания (защита); Тестовые задания; Контрольные работы; Индивидуальные задания (защита); Лабораторные работы (защита); Экзамен	Практические задания (выполнение, оформление); Индивидуальные задания (выполнение, оформление); Лабораторные работы (выполнение, оформление) Конспект самостоятельной работы	Лабораторные работы (защита); Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	обладает базовыми общими знаниями	обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*знает* виды упорядочения атомов в твердых телах, обусловленные квантовой природой микрочастиц и их свойствами; *знает* специфическое поведение твердых тел при воздействии определенных сил и полей;	*предъявляет* требования к материалам, для реализации конкретных задач электроники; *подготавливает* и проводит эксперимент для определения параметров материалов, используемых в электроники.	*владеет* комплексным подходом к выбору конструктивных материалов, эксплуатируемых в определенных условиях; *интерпретирует* полученные результаты при проведении эксперимента.
Хорошо (базовый уровень)	*знает* основные способы воздействия на твердые тела; *знает* специфическое поведение твердых тел при воздействии определенных сил и полей;	*умеет рассчитывать* параметры материалов, используемых в электроники; *подготавливает* и проводит эксперимент для определения параметров материалов, используемых в электроники.	*владеет* комплексным подходом к выбору конструктивных материалов;

Согласована на портале № 6292

Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* общие понятия, характеризующие твердые тела; *знает* виды упорядочения атомов в твердых телах.	*подготавливает* эксперимент для определения параметров материалов, используемых в электроники.	*классифицирует* твердые тела, основываясь на общих понятиях о квазичастицах.

2.2 Компетенция ОПК-2

ОПК-2 способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* современные достижения в области физики твердого тела;	*умеет* выбирать методы исследования параметров конденсированных материалов, используемых в электронной технике;	*владеет* методами исследования параметров конденсированных материалов.
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	Лабораторные работы
Используемые средства оценивания	Опросы на лекциях; Практические задания (защита); Тестовые задания; Контрольные работы; Индивидуальные задания (защита); Лабораторные работы (защита); Экзамен	Практические задания (выполнение, оформление); Индивидуальные задания (выполнение, оформление); Лабораторные работы (выполнение, оформление) Конспект самостоятельной работы	Лабораторные работы (защита); Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*знает* современные достижения в области физики твердого тела; *знает* основные законы физики твердого тела; *знает* временную иерархию открытия законов физики твердого тела;	*умеет* выбирать методы исследования параметров конденсированных материалов, используемых в электронной технике;	*владеет* методами исследования параметров конденсированных материалов.
Хорошо (базовый уровень)	*знает* основные открытия в области физики твердого тела; *знает* базовые законы фи-	*умеет применять* базовые законы физики твердого тела, для исследований параметров материалов, ис-	*владеет* базовыми методами исследования параметров конденсированных материалов.

Согласована на портале № 6292

	зики твердого тела;	пользуемых в электронной технике;	
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* основную терминологию, касающуюся области физики твердого тела.	*умеет осуществлять* поиск информации, касающейся современных открытий физики твердого тела.	*осуществляет поиск и анализирует* информацию с различных источников, касающихся современных открытий в области физики твердого тела.

2.3 Компетенция ПК-2

ПК-2 готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* основные характеристики конденсированных материалов и их связь с составом и структурой; *знает* параметры конденсированных материалов и особенности их измерения;	*умеет* использовать физико-математический аппарат для расчета электрических и оптических характеристик материала;	*владеет* методикой расчета электрических и оптических параметров материалов электронной техники;
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	Лабораторные работы
Используемые средства оценивания	Опросы на лекциях; Практические задания (защита); Тестовые задания; Контрольные работы; Индивидуальные задания (защита); Лабораторные работы (защита); Экзамен	Практические задания (выполнение, оформление); Индивидуальные задания (выполнение, оформление); Лабораторные работы (выполнение, оформление) Конспект самостоятельной работы	Лабораторные работы (защита); Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*знает* основные характеристики конденсированных материалов и их связь с составом и структурой; *знает* параметры конденсированных материалов и	*умеет* использовать физико-математический аппарат для расчета электрических и оптических характеристик материала; *умеет* использовать при-	*свободно владеет* разными способами представления физической информации в графической и математической форме; *демонстрирует* навык ра-

Согласована на портале № 6292

	особенности их экспериментального измерения, а также измерения с помощью автоматизированного пакета прикладных программ;	кладные программы для расчета и моделирования электрических и оптических характеристик материала;	боты в программных продуктах для автоматизации и проектирования; *владеет* методикой расчета электрических и оптических параметров материалов электронной техники
Хорошо (базовый уровень)	*знает* структуру конденсированных материалов; *определяет* методы анализа структуры конденсированных материалов; *аргументирует* выбор решения задачи; *составляет* план решения задачи	*самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование; *применяет* методы решения нетиповых задач; *умеет* определять параметры конденсированных материалов *умеет* работать с пакетами прикладных программ для моделирования и проектирования;	*владеет* разными способами представлениями информации; *владеет навыками* работы в междисциплинарной команде
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*дает* определения основных понятий; *распознает* типы конденсированных материалов	*умеет* работать со справочной литературой; *использует* приборы, указанные в описании лабораторной работы; *умеет* представлять результаты своей работы	*владеет* терминологией в предметной области знания; *владеет* навыками практической работы с приборами, указанными в описании лабораторных работ

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: опросы на лекциях; практические задания; тестовые задания; контрольные работы; индивидуальные задания; лабораторные работы; самостоятельная работа; экзамен.

3.1. Опросы на лекциях

1. Структура и симметрия кристаллов. Обратная решетка.
2. Дифракция рентгеновских лучей. Твердое тело – как газ квазичастиц. Тепловые колебания решетки.
3. Тепловые и упругие свойства кристаллов.
4. Основы зонной теории.
5. Оптические, диэлектрические и магнитные свойства твердых тел.
6. Фазовые переходы. Дефекты в кристаллах. Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

3.2. Практические задания

1. Электрон. Волновые свойства. Основы квантовой механики.
2. Виды химических связей. Энергия связи.
3. Кристаллическое строение твердых тел. Решетка Бравэ.
4. Дифракция рентгеновских лучей.
5. Нормальные колебания решетки. Фононы.
6. Тепловые и упругие свойства твердых тел.
7. Статистика электронов. Распределение Ферми-Дирака.
8. Уровень Ферми. Зонные диаграммы твердых тел.
9. Электропроводность твердых тел.
10. Дефекты в кристаллах. Дефекты по Шоттки. Дефекты по Френкелю.

Согласована на портале № 6292

3.3. Тестовые задания

1. Химические связи. Кристаллическое строение. Фононы
2. Распределение Ферми-Дирака. Электропроводность. Уровень Ферми

3.4. Контрольные работы

1. Химические связи. Кристаллическое строение. Фононы
2. Распределение Ферми-Дирака. Электропроводность. Уровень Ферми

3.5. Индивидуальные задания

1. Кристаллическое строение твердых тел. Дифракция рентгеновский лучей в кристаллах
2. Радиационные дефекты в твердых телах.

3.6. Лабораторные работы

1. Определение частоты колебаний поперечных оптических фононов в ионных кристаллах.
2. Исследование температурной зависимости электропроводности аморфных полупроводников.
3. Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников.
4. Исследование температурной зависимости электропроводности поликристаллических ферромагнетиков.

3.7. Самостоятельная работа

1. Структура и симметрия кристаллов. Обратная решетка.
2. Дифракция рентгеновских лучей. Твердое тело – как газ квазичастиц. Тепловые колебания решетки.
3. Тепловые и упругие свойства кристаллов.
4. Основы зонной теории.
5. Оптические, диэлектрические и магнитные свойства твердых тел.
6. Фазовые переходы. Дефекты в кристаллах. Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

3.8. Экзамен

1. Модель атома Бора.
2. Квантово-механическое описание строение атома (электрон как волна и как частица, электрон и потенциальный барьер, квантовый осциллятор).
3. Виды химических связей. Механизм образования химической связи.
4. Химическая связь. Ионная связь. Образование. Примеры.
5. Химическая связь. Ковалентная связь. Образование. Примеры.
6. Химическая связь. Металлическая. Образование. Примеры.
7. Химическая связь. Водородная связь. Образование. Примеры.
8. Химическая связь. Силы Ван-дер-Ваальса. Образование. Примеры.
9. Прямая и обратная решетка. Индексы Миллера.
10. Зоны Бриллюэна. Стоячие волны.
11. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Вульфа-Брэгга.
12. Дифракция рентгеновских лучей. Условие Лауэ.
13. Квазичастицы. Виды квазичастиц.
14. Тепловые колебания. Фононы. Амплитуды. Спектр колебаний.
15. Теплоемкость твердых тел. Теория Эйнштейна. Теория Дебая. Приближение Дюлонга-Пти.
16. Ангармонические эффекты в кристаллах. Тепловое расширение.
17. Ангармонические эффекты в кристаллах. Теплопроводность (диэлектриков, металлов и полупроводников).
18. Модель свободных электронов Друде.
19. Зонная теория твердых тел. Уравнение Шредингера.
20. Эффективная масса электронов и дырок. Эффективная плотность состояний.
21. Статистика электронов и дырок в металлах и полупроводниках (распределение Ферми-Дирака и Макс-велла-Больцмана).
22. Концентрация электронов и дырок в собственных полупроводниках.
23. Температурная зависимость уровня Ферми в собственных полупроводниках.
24. Электропроводность металлов и полупроводников.
25. Дефекты в кристаллах: по Шоттки и Френкелю.

Согласована на портале № 6292

26. Дефекты в кристаллах: дислокации.
27. Дефекты в кристаллах: дефекты в примесных системах.
28. Дефекты в кристаллах. Диффузия дефектов.
29. Подвижность носителей зарядов. Виды рассеивания.
30. Поляризация. Виды поляризации. Виды диэлектрических потерь.
31. Виды магнитных материалов. Классификация материалов по магнитной восприимчивости. Температура Кюри.
32. Оптические свойства твердых тел. Люминесценция.
33. Оптические свойства твердых тел. Закон Бугера-Ламберта.
34. Оптические свойства твердых тел. Оптические коэффициенты.
35. Упругие свойства твердых тел.
36. Элементы теории разрушения твердых тел.
37. Зонная теория твердых тел. Адиабатическое и одноэлектронное приближение.
38. Зонная теория твердых тел. Приближение свободных электронов.
39. Зонная теория твердых тел. Приближение сильносвязанных электронов.
40. Зонная теория твердых тел. Приближение слабосвязанных электронов.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

4.1 Основная литература

1. Физика конденсированного состояния: учебное пособие для вузов / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 294 с. (**45**)

4.2 Дополнительная литература

1. Смирнов С.В. Физика твердого тела: учебное пособие. – Томск, ТГУ, 2003. – 276 с. (**24**)
2. Физика твердого тела. Под редакцией Верещагина И.К. – М.: Высшая школа, 2001. – 238 с. (**14**)
3. Протасов Ю.С., Чувашев С.Н. Твердотельная электроника. – Изд. МГТУ им. Баумана, 2003. – 189 с. (**2**)
4. Чупрунов Е.В. Кристаллография: Учебник для вузов / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фадеев. – М.: Физматлит, 2000. – 496 с. (**1**)
5. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие / ред.: Л.А. Алешина. – М.: Техносфера, 2007. – 518 с. (**1**)
6. Павлов П.В. Физика твердого тела: Учебник для вузов / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – 3-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 496 с. (**60**)

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Смирнов С.В., Зариковская Н.В. Физика конденсированного состояния. Физика полупроводников: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплинам «Физика конденсированного состояния» и «Физика полупроводников» для студентов направлений подготовки 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника». – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 35 с. – [электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Smirnov/%D0%A1%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B2_%D0%A1%D0%92_-_%D0%A4%D0%A2%D0%A2.zip
2. Саврук Е. В., Физика конденсированного состояния: Учебное-методическое пособие (по лабораторным работам) [Электронный ресурс] / Саврук Е. В., Каранский В. В., Смирнов С. В. — Томск: ТУСУР, 2016. — 44 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6270.
3. Математический пакет MathCad или Mathematica.
4. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.

4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/
2. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

Согласована на портале № 6292