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: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	70	70	часов
5	Из них в интерактивной форме	26	26	часов
6	Самостоятельная работа	74	74	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е.

Экзамен: 3 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 33719

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 91 от «19» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

д.т.н., профессор каф. ФЭ	_____	С. В. Смирнов
ассистент каф. ФЭ	_____	В. В. Каранский
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	_____	П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ	_____	А. И. Воронин
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	_____	П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ)	_____	И. А. Чистоедова
Профессор кафедры физической электроники (ФЭ)	_____	Т. И. Данилина

Согласована на портале № 33719

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

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

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» (Б1.Б.15) относится к блоку 1 (базовая часть).

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

Последующими дисциплинами являются: Наноэлектроника, Твердотельная электроника, Физика полупроводников.

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;

– ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

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
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	70	70
Лекции	36	36
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	16	16
Из них в интерактивной форме	26	26
Самостоятельная работа (всего)	74	74
Подготовка к контрольным работам	13	13

Согласована на портале № 33719

Оформление отчетов по лабораторным работам	32	32
Проработка лекционного материала	14	14
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	15	15
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	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	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Электронная структура конденсированных материалов	3	4	0	6	13	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
2 Структура кристаллов и способы ее определения	2	1	0	4	7	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
3 Концепция квазичастиц в конденсированных материалах	2	0	0	1	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
4 Фононный спектр (тепловые колебания в кристалле)	2	1	4	11	18	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
5 Тепловые свойства конденсированных материалов	4	2	0	4	10	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
6 Зонная теория конденсированных материалов	3	0	0	1	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
7 Статистика электронов и дырок в конденсированных материалах	4	2	4	12	22	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
8 Структурные дефекты в конденсированных материалах	3	2	0	4	9	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
9 Электрические свойства конденсированных материалов	2	0	0	2	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
10 Диэлектрические свойства конденсированных материалов	3	2	0	4	9	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
11 Магнитные свойства конденсированных материалов	2	2	4	12	20	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
12 Сверхпроводимость конденсированных материалов	2	0	0	1	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
13 Оптические свойства конденсированных материалов	2	2	0	3	7	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
14 Физические свойства аморфных	2	0	4	9	15	ОПК-1, ОПК-

Согласована на портале № 33719

конденсированных материалов						2, ОПК-5
Итого за семестр	36	18	16	74	144	
Итого	36	18	16	74	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Электронная структура конденсированных материалов	Цели и задачи дисциплины. Модель атома Бора. Квантово-механическое описание строения атома. Электрон как волна и как частица. Электрон и потенциальный барьер. Квантовый осциллятор. Химическая связь. Образование молекул. Обобществление электронов. Метод ЛКАО. Ионная связь. Строение молекул. Связь в твердых телах: ионная, ковалентная, силы Ван-дер-Ваальса, водородная, металлическая.	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	3	
2 Структура кристаллов и способы ее определения	Простые и сложные кристаллические решетки. Решетка с базисом. Индексы Миллера. Обратная решетка. Определение кристаллических структур с помощью дифракции рентгеновских лучей. Стоячие волны. Зоны Бриллюэна.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
3 Концепция квазичастиц в конденсированных материалах	Фононы. Электроны проводимости. Плазмоны. Поляроны. Экситоны. Магноны.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
4 Фононный спектр (тепловые колебания в кристалле)	Тепловые колебания. Амплитуды. Нормальные колебания простой одномерной решетки. Нормальные колебания одномерной решетки с базисом. Спектр нормальных колебаний решетки.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
5 Тепловые свойства конденсированных материалов	Теплоёмкость твёрдых тел. Закон Дюлонга — Пти. Теория теплоёмкости Эйнштейна. Теория теплоёмкости Дебая. Вывод формулы для теплоёмкости, исходя из представления о фононах. Теплоёмкость металлов. Учет вклада свободных электронов. Тепловое расширение твёрдых тел. Теплопроводность твёрдых тел. Теплопроводность, обусловленная атомными колебаниями. Теплопроводность металлов. Учёт вклада свободных электронов. Диффузия в твердых телах	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	4	

Согласована на портале № 33719

6 Зонная теория конденсированных материалов	Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Приближение свободных электронов. Приближение сильносвязанных электронов. Приближение слабосвязанных электронов. Энергетический спектр электронов в кристалле. Эффективная масса электрона.	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	3	
7 Статистика электронов и дырок в конденсированных материалах	Функция распределения электронов и дырок по состояниям. Функция плотности состояний для электронов и дырок. Вычисление концентрации электронов в зоне проводимости. Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике. Температурная зависимость уровня Ферми.	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	4	
8 Структурные дефекты в конденсированных материалах	Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты. Равновесная концентрация точечных дефектов. Тепловые дефекты в бинарных кристаллах. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен. Дефекты в нестехиометрических кристаллах.	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	3	
9 Электрические свойства конденсированных материалов	Основные свойства металлов. Электропроводность металлов. Собственная проводимость полупроводников. Электропроводность диэлектриков. Свойства конденсированных материалов в сильных электрических полях.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
10 Диэлектрические свойства конденсированных материалов	Поляризация конденсированных материалов. Основные характеристики. Электронная упругая поляризация. Ионная упругая поляризация. Дипольная упругая поляризация. Особенности тепловой поляризации. Ионная тепловая поляризация. Электронная тепловая поляризация. Дипольная тепловая поляризация. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Диэлектрические потери	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	3	
11 Магнитные свойства конденсированных материалов	Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Природа парамагнетизма. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел. Ферромагнетизм. Опыт Дорфмана. Обменное взаимодействие и его роль в возникновении ферромагнетизма. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
12 Сверхпроводимость конденсированных материалов	Нулевое сопротивление. Температура сверхпроводящего перехода. Кристаллическая структура и изотопический эффект. Поглощение электромаг-	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5

Согласована на портале № 33719

	нитного излучения. Высокотемпературная сверхпроводимость. Теория сверхпроводимости Ф. и Г. Лондонов. Теория Гинзбурга — Ландау. Куперовские пары. Теория Бардина — Купера — Шриффера		
	Итого	2	
13 Оптические свойства конденсированных материалов	Виды взаимодействия света с твёрдым телом. Оптические константы. Поглощение света кристаллами. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Спонтанное и индуцированное излучение.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
14 Физические свойства аморфных конденсированных материалов	Структура аморфных конденсированных материалов. Энергетический спектр некристаллических конденсированных материалов. Аморфные полупроводники. Применение аморфных полупроводников. Аморфные диэлектрики. Аморфные металлы	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		36	

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	13	14
Предшествующие дисциплины														
1 Математика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Материалы электронной техники	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Физика	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Химия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины														
1 Наноэлектроника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Твердотельная электроника	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Физика полупроводников	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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

	Виды занятий	Формы контроля

Согласована на портале № 33719

Компетенции	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию
ОПК-5	+	+	+	+	Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
3 семестр				
Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением	2		6	8
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			8	8
Работа в команде	4	6		10
Итого за семестр:	6	6	14	26
Итого	6	6	14	26

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 33719

4 Фононный спектр (тепловые колебания в кристалле)	Определение частоты колебаний поперечных оптических фононов в ионных кристаллах.	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	4	
7 Статистика электронов и дырок в конденсированных материалах	Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	4	
11 Магнитные свойства конденсированных материалов	Исследование температурной зависимости электропроводности поликристаллических ферромагнетиков.	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	4	
14 Физические свойства аморфных конденсированных материалов	Исследование температурной зависимости электропроводности аморфных полупроводников.	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Электронная структура конденсированных материалов	Модель атома Бора	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Виды химических связей. Расчет энергии образования химической связи.	2	
	Итого	4	
2 Структура кристаллов и способы ее определения	Кристаллическое строение твердых тел.	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	1	
4 Фононный спектр (тепловые колебания в кристалле)	Тепловые колебания. Амплитуды.	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	1	
5 Тепловые свойства конденсированных материалов	Тепловые свойства конденсированных материалов.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
7 Статистика электронов и дырок в конденсированных материалах	Статистика электронов и дырок в конденсированных материалов.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
8 Структурные дефекты в конденсированных материалах	Дефекты в конденсированных материалах.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
10 Диэлектрические	Диэлектрические свойства конденсированных ма-	2	ОПК-1,

Согласована на портале № 33719

свойства конденсированных материалов	териалов. Поляризуемость.		ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
11 Магнитные свойства конденсированных материалов	Магнитные свойства конденсированных материалов. Намагниченность.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
13 Оптические свойства конденсированных материалов	Оптические свойства конденсированных материалов.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Электронная структура конденсированных материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	6		
2 Структура кристаллов и способы ее определения	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	4		
3 Концепция квазичастиц в конденсированных материалах	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
4 Фононный спектр (тепловые колебания в кристалле)	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		

Согласована на портале № 33719

	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	11		
5 Тепловые свойства конденсированных материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	4		
6 Зонная теория конденсированных материалов	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
7 Статистика электронов и дырок в конденсированных материалах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	12		
8 Структурные дефекты в конденсированных материалах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Защита отчета, Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	4		
9 Электрические свойства конденсированных материалов	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	2		
10 Диэлектрические свойства конденсированных материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контроль-	1		

Согласована на портале № 33719

	ным работам			
	Итого	4		
11 Магнитные свойства конденсированных материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	12		
12 Сверхпроводимость конденсированных материалов	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
13 Оптические свойства конденсированных материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
14 Физические свойства аморфных конденсированных материалов	Проработка лекционного материала	1	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	9		
Итого за семестр		74		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		110		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Контрольная работа		10	10	20
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Отчет по практическому	5	5	5	15

Согласована на портале № 33719

занятию				
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	10	30	30	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	10	40	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

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. (наличие в библиотеке ТУСУР - 45 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Смирнов С.В. Физика твердого тела: учебное пособие. – Томск, ТГУ, 2003. – 276 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 24 экз.)

2. Физика твердого тела. Под редакцией Верещагина И.К. – М.: Высшая школа, 2001. – 238 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 14 экз.)

3. 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. (наличие в библиотеке ТУСУР - 60 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физика конденсированного состояния: Учебно-методическое пособие по лабораторным

Согласована на портале № 33719

работам для студентов направлений подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника», 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», профиль «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике» / Саврук Е. В., Каранский В. В., Смирнов С. В. - 2016. 51 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6277 (дата обращения: 24.06.2018).

2. 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 ра-диоэлектроники, 2011. – 35 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks %20disciplin/Smirnov/Smirnov_FKS_UMP.pdf (дата обращения: 24.06.2018).

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

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

3. «Физика твердого тела» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://journals.ioffe.ru/journals/1

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

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

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего

Согласована на портале № 33719

контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».

- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- ПК (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– LibreOffice
– Microsoft Visual Studio 2010
– PTC Mathcad13, 14
– Windows XP

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».

- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- ПК (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Microsoft Visual Studio 2010
– PTC Mathcad13, 14

Согласована на портале № 33719

– Windows XP

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

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

Перечень программного обеспечения:

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

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

14.1.1. Тестовые задания

1. Первая теория строения атома водорода, которая успешно объясняла наиболее важные его свойства была предложена…

1. Ньютоном;
2. Эйнштейном;
3. Бором;
4. де Бройлем.

Согласована на портале № 33719

2. Тетрагональные решетки могут быть:
1. простыми, объемо-центрированными и гранецентрированными;
2. простыми и объемо-центрированными;
3. простыми и базоцентрированными;
4. простыми и гранецентрированными.

3. Для какой системы характерны следующие свойства: две кристаллические оси не перпендикулярны друг другу, но третья перпендикулярна им обеим, периоды трансляции различны во всех трех направлениях:
1. триклинная;
2. тетрагональная;
3. моноклинная;
4. гексагональная.

4. Акустические волны представляют…
1. звуковые (одна продольная и две поперечные);
2. звуковые (две продольные и две поперечные);
3. звуковые (одна продольная и три поперечные);
4. звуковые (три продольные и две поперечные).

5. Фононы, как и фотоны, подчиняются статистике…
1. Максвелла-Больцмана;
2. Больцмана;
3. Ферми-Дирака;
4. Бозе-Эйнштейна.

6. Не оказывают влияния на термодинамические свойства электронной системы…
1. плазмоны;
2. фононы;
3. фотоны;
4. магноны.

7. Поведение теплоемкость при высоких температурах корректно описывает закон…
1. Дебая;
2. Дюлонга-Пти;
3. Эйнштейна;
4. Фурье.

8. Процесс распространения тепла от более нагретых элементов тела к менее нагретым называется…
1. теплопроводностью;
2. тепловым расширением;
3. тепловым сжатием;
4. теплоемкостью.

9. В чем сущность приближения Борна-Оппенгеймера?
1. электроны в кристалле неподвижны;
2. электроны и ядра неподвижны;
3. неподвижны только ядра;
4. неподвижны только электроны.

10. Что объясняет модель Кронига-Пенни?
1. вид волновой функции электрона;

Согласована на портале № 33719

2. форму зон Бриллюэна;
3. существование разрешенных и запрещенных зон;
4. наличие кристаллического поля.

11. Чему равно полное число электронных состояний в первой зоне Бриллюэна?
1. числу фононов;
2. числу электронов;
3. числу атомов в кристалле;
4. массе электронов.

12. Величину, равную отношению электрического момента диэлектрика к его объему называют:
1. диэлектрической проницаемостью среды;
2. относительной диэлектрической восприимчивостью;
3. поляризуемостью;
4. дипольным моментом.

13. Одной из основных характеристик любого магнетика является…
1. относительная диэлектрическая восприимчивость;
2. поляризуемость;
3. намагниченность;
4. диэлектрическая проницаемость среды.

14. Намагниченность с увеличением индукции магнитной поля…
1. сначала возрастает, затем уменьшается;
2. увеличивается;
3. уменьшается;
4. не изменяется.

15. Количество дислокации…
1. не зависит от температуры;
2. зависит от температуры по линейному закону;
3. зависит от температуры по квадратичному закону;
4. зависит от температуры по кубическому закону.

16. Между дислокациями существует:
1. слабое упругое взаимодействие;
2. слабое неупругое взаимодействие;
3. сильное упругое взаимодействие;
4. сильное неупругое взаимодействие.

17. Точечные дефекты, возникающие при облучении кристаллов быстрыми частицами, получили название…
1. линейных дефектов;
2. дефектов по Шоттки;
3. дефектов по Френкелю;
4. радиационных дефектов.

18. Один из возможных механизмов размножения дислокаций был предложен…
1. Шоттки и Ридом;
2. Франком и Ридом;
3. Френкелем и Франком;
4. Гиббсом и Ридом.

Согласована на портале № 33719

19. Образование дефектов по Шоттки уменьшает плотность кристалла из-за…

1. увеличения его объема при постоянной массе;
2. уменьшение его массы при постоянном объеме;
3. уменьшением его объема и увеличением массы;
4. уменьшение его массы и уменьшения объема.

20. При температуре абсолютного нуля уровень Ферми для собственного полупроводника располагается…

1. посередине между дном зоны проводимости и потолком валентной зоны;
2. посередине между дном зоны проводимости и уровнем донорной примеси;
3. посередине между уровнем акцепторной примеси и потолком валентной зоны;
4. находится в валентной зоне.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Модель атома Бора
2. Уравнение Шредингера.
3. Квантово-механическое описание строение атома (электрон как волна и как частица, электрон и потенциальный барьер, квантовый осциллятор)
4. Точечная симметрия кристаллов
5. Прямая решетка. 14 трансляционных решеток Бравэ
6. Обратная решетка
7. Методы определения атомной структуры конденсированных материалов
8. Классификация конденсированных материалов. Типы связей. Энергия связи
9. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлы
10. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты. Равновесная концентрация точечных дефектов
11. Радиационные дефекты
12. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокаций. Источники дислокаций
13. Дефекты стехиометрии
14. Тепловые колебания атомов. Амплитуды
15. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Теория Эйнштейна. Теория Дебая
16. Теплоемкость металлов. Учет вклада свободных электронов
17. Тепловое расширение конденсированных материалов
18. Теплопроводность конденсированных материалов. Теплопроводность металлов, изоляторов и полупроводников
19. Диффузия в конденсированных материалах
20. Классификация конденсированных материалов по величине электропроводности
21. Уравнение Шредингера для твердого тела
22. Одноэлектронное приближение
23. Функция Блоха
24. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна
25. Поверхность Ферми
26. Энергетический спектр электронов в кристалле. Модель Кронига-Пенни
27. Эффективная масса электрона
28. Основные свойства металлов. Электропроводность металлов
29. Собственная проводимость полупроводников
30. Электропроводность изоляторов
31. Поляризация конденсированных материалов. Основные характеристики
32. Упругая поляризация. Электронная. Ионная. Дипольная
33. Тепловая поляризация. Электронная. Ионная. Дипольная
34. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости
35. Диэлектрические потери
36. Классификация магнетиков

Согласована на портале № 33719

37. Природа диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма
38. Диамагнетизма, парамагнетизм и ферромагнетизма твердых тел
39. Виды взаимодействия света с твердым телом
40. Оптические константы
41. Поглощение света кристаллами
42. Структура аморфных конденсированных материалов
43. Энергетический спектр некристаллических конденсированных материалов
44. Аморфные полупроводники. Применение
45. Аморфные металлы и изоляторы

14.1.3. Темы контрольных работ

1. Химическая связь. Кристаллическое строение конденсированных состояний. Тепловые свойства конденсированных материалов.

2. Концентрация электронов и дырок в металлах и полупроводниках. Дефекты в конденсированных материалах. Диэлектрические и магнитные свойства диэлектрических материалов.

14.1.4. Темы опросов на занятиях

1. Электронная структура конденсированных материалов
2. Структура кристаллов и способы ее определения
3. Концепция квазичастиц в конденсированных материалах
4. Фононный спектр (тепловые колебания в кристалле)
5. Тепловые свойства конденсированных материалов
6. Зонная теория конденсированных материалов
7. Статистика электронов и дырок в конденсированных материалах
8. Структурные дефекты в конденсированных материалах

9. Электрические свойства конденсированных материалов
10. Диэлектрические свойства конденсированных материалов
11. Магнитные свойства конденсированных материалов
12. Сверхпроводимость конденсированных материалов
13. Оптические свойства конденсированных материалов
14. Физические свойства аморфных конденсированных материалов

14.1.5. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

1. Модель атома Бора
2. Квантово-механическое описание строение атома
3. Виды химических связей. Расчет энергии образования химической связи.
4. Кристаллическое строение твердых тел. Решетка Бравэ. Дифракция рентгеновских лучей.
5. Тепловые колебания. Амплитуды.
6. Тепловые свойства конденсированных материалов. Теплоемкость. Теплопроводность. Тепловое расширение.
7. Статистика электронов и дырок в конденсированных материалов. Расчет концентрации электронов и дырок в собственных полупроводниках. Расчет положения уровня Ферми. Зонные диаграммы конденсированных материалов.
8. Дефекты в конденсированных материалах. Расчет концентрации дефектов. Энтропия.
9. Диэлектрические свойства конденсированных материалов. Поляризуемость.
10. Магнитные свойства конденсированных материалов. Намагниченность.
12. Оптические свойства конденсированных материалов.

14.1.6. Темы лабораторных работ

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

Согласована на портале № 33719

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.

Согласована на портале № 33719