

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
 Директор департамента образования

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Материалы электронной техники**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**  
 Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**  
 Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**  
 Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**  
 Факультет: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**  
 Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**  
 Курс: **2**  
 Семестр: **3**  
 Учебный план набора 2014 года

**Распределение рабочего времени**

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

Контрольные работы: 3 семестр - 1

Экзамен: 3 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)

\_\_\_\_\_ Н. С. Легостаев

Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ

\_\_\_\_\_ С. Г. Михальченко

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО

\_\_\_\_\_ И. П. Черкашина

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ

\_\_\_\_\_ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО)

\_\_\_\_\_ Ю. В. Морозова

Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)

\_\_\_\_\_ В. Д. Семенов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

- изучение свойств основных полупроводниковых, диэлектрических, проводниковых и магнитных материалов;
- изучение принципов выбора материала для конкретного применения в электронной технике;
- изучение зависимости свойств материалов от положения их элементов в периодической системе Менделеева.

### 1.2. Задачи дисциплины

- формирование представлений о процессах и явлениях, происходящих в материалах под действием электромагнитного поля, температуры и других внешних воздействий;
- развитие умения анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, выбирать материалы для электронных компонентов при использовании их в электронной аппаратуре.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Материалы электронной техники» (Б1.В.ОД.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Инженерная и компьютерная графика, Информационные технологии, Математика, Физика, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Вакуумная и плазменная электроника, Квантовая и оптическая электроника, Конструирование электронных устройств, Магнитные элементы электронных устройств, Методы анализа и расчета электронных схем, Метрология и технические измерения, Микроволновая электроника, 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, Проектирование устройств управления, Радиомонтажный практикум, Схемотехника, Схемотехника ключевых устройств, Твердотельная электроника, Теоретические основы электротехники, Учебно-исследовательская работа, Физика конденсированного состояния, Электрические машины, Электронные промышленные устройства, Энергетическая электроника.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основные классы материалов электронной техники, физические явления и процессы, протекающие в них; основные электрические, магнитные и механические свойства материалов; назначение, конструктивные особенности и технологию производства пассивных элементов электронной техники; современные тенденции развития электроники.
- **уметь** работать с информационно-справочными и поисковыми системами для поиска информации по материалам электронной техники и их свойствам; производить расчеты параметров элементов электронной техники с учетом свойств материалов; решать нестандартные задачи по поиску и применению материалов для элементов и устройств электронной техники.
- **владеть** навыками измерения и контроля параметров материалов; основными приема-

ми обработки и представления экспериментальных данных.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Контактная работа (всего)	22	22
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	12	12
Лабораторные работы	8	8
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	113	113
Подготовка к контрольным работам	50	50
Оформление отчетов по лабораторным работам	10	10
Подготовка к лабораторным работам	6	6
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	47	47
Всего (без экзамена)	135	135
Подготовка и сдача экзамена	9	9
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	СРП, ч	Лаб. раб., ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Общие свойства и отличительные особенности материалов электронной техники	0	0	2	12	12	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
2 Проводниковые материалы	2	4		18	24	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
3 Резисторы	0	0		6	6	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
4 Диэлектрики	2	4		22	28	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
5 Конденсаторы	0	0		6	6	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1

6 Активные диэлектрики и элементы функциональной электроники	0	0		10	10	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
7 Магнитные материалы	4	0		19	23	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
8 Полупроводниковые материалы	4	0		20	24	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
Итого за семестр	12	8	2	113	135	
Итого	12	8	2	113	135	

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

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

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

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Проводниковые материалы	Свойства проводниковых материалов. Материалы высокой проводимости. Материалы высокого удельного сопротивления.	2	ОПК-2, ОПК-7
	Итого	2	
4 Диэлектрики	Основные физические процессы в диэлектриках. Пассивные диэлектрики.	2	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
	Итого	2	
7 Магнитные материалы	Классификация материалов по магнитным свойствам. Характеристики и параметры ферромагнетиков. Магнитные материалы.	4	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
8 Полупроводниковые материалы	Классификация полупроводниковых материалов. Модели структур полупроводников. Собственная электропроводность полупроводников. Электропроводность примесных полупроводников. Распределение носителей заряда в полупроводниках. Генерация, рекомбинация и время жизни носителей заряда в полупроводниках. Собственные полупроводники. Полупроводниковые химические соединения.	4	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Инженерная и компьютерная графика		+		+				
2 Информационные технологии	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Математика		+		+			+	+
4 Физика		+		+		+	+	+
5 Химия	+						+	
Последующие дисциплины								
1 Вакуумная и плазменная электроника		+		+				+
2 Квантовая и оптическая электроника								+
3 Конструирование электронных устройств		+	+	+	+		+	+
4 Магнитные элементы электронных устройств		+					+	
5 Методы анализа и расчета электронных схем			+		+			+
6 Метрология и технические измерения		+		+				
7 Микроволновая электроника								+
8 Научно-исследовательская работа	+	+	+	+	+	+	+	+
9 Основы преобразовательной техники	+	+	+	+	+		+	+
10 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности	+	+	+	+	+	+	+	+
11 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	+	+	+	+	+	+	+	+
12 Преддипломная практика	+	+	+	+	+		+	+
13 Проектирование устройств управления	+		+		+			+
14 Радиомонтажный практикум			+		+		+	

15 Схемотехника			+		+			+
16 Схемотехника ключевых устройств			+		+		+	+
17 Твердотельная электроника	+							+
18 Теоретические основы электротехники	+	+	+		+		+	
19 Учебно-исследовательская работа	+	+	+	+	+		+	+
20 Физика конденсированного состояния						+		+
21 Электрические машины							+	
22 Электронные промышленные устройства	+	+	+		+		+	+
23 Энергетическая электроника	+	+	+	+	+	+	+	+

#### 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-2	+		+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Тест
ОПК-7	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Тест
ПК-1	+	+	+	+	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

3 семестр			
2 Проводниковые материалы	Исследование электрических свойств проводниковых материалов и сплавов	4	ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
4 Диэлектрики	Исследование температурной зависимости проводимости твердых диэлектриков.	4	ОПК-7, ПК-1
	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
3 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1
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
3 семестр				
1 Общие свойства и отличительные особенности материалов электронной техники	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	8		
	Итого	12		
2 Проводниковые материалы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	18		
3 Резисторы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Тест, Экзамен



	тической части курса		ПК-1	
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	6		
4 Диэлектрики	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Подготовка к контрольным работам	8		
	Итого	22		
5 Конденсаторы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	2	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	6		
6 Активные диэлектрики и элементы функциональной электроники	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	10		
7 Магнитные материалы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	11	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	8		
	Итого	19		
8 Полупроводниковые материалы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	14	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	20		
	Выполнение контрольной работы	2	ОПК-2, ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа
Итого за семестр		113		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		122		

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

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

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

### **12.1. Основная литература**

1. Легостаев Н. С. Материалы электронной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. С. Легостаев. - Томск Эль Контент, 2012. - 184 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 31.07.2018).

### **12.2. Дополнительная литература**

1. Материалы электронной техники [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2017. 123 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 31.07.2018).

2. Технология материалов и изделий электронной техники (часть 1) [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Л. Н. Орликов - 2012. 98 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 31.07.2018).

3. Технология материалов и изделий электронной техники (часть 2) [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Л. Н. Орликов - 2012. 100 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 31.07.2018).

### **12.3. Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Легостаев Н. С. Материалы электронной техники : электронный курс / Н. С. Легостаев. - Томск: ТУСУР, ФДО, 2012. Доступ из личного кабинета студента.

2. Легостаев Н.С. Материалы электронной техники [Электронный ресурс]: методические указания по изучению дисциплины / Н.С. Легостаев. - Томск Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2012. - 68 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 31.07.2018).

3. Битнер Л.Р. Материалы электронной техники [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам. - Томск Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2012. - 22 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 31.07.2018).

#### **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. 1. Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), дата обращения: 20.07.2018.

2. 2. Информационные, справочные и нормативные базы данных [Электронный ресурс] - Режим доступа <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>, дата обращения: 20.07.2018.

### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

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

##### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

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

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

Описание имеющегося оборудования:

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

Программное обеспечение:

- 7-zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Microsoft Windows
- OpenOffice

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

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

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

Описание имеющегося оборудования:

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

Программное обеспечение:

- 7-zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Microsoft Windows
- OpenOffice

##### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

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

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

Состав оборудования:

- учебная мебель;

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

Перечень программного обеспечения:

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

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

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

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

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

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

## **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

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

#### **14.1.1. Тестовые задания**

1. Определите, сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку в кристаллах с гранцентрированной кубической решеткой:

а) 2; б) 4; в) 6; г) 8.

2. Для материала с простой кубической решеткой определить координационное число к:

а) 4; б) 6; в) 8; г) 12.

3. Указать металлы, для которых количество атомов, находящихся на наиболее близком и равном расстоянии от любого выбранного атома в решетке равно «восемь»:

а) алюминий; б) вольфрам; в) кобальт; г) медь.

4. Указать металлы, для которых количество атомов, находящихся на наиболее близком и равном расстоянии от любого выбранного атома в решетке равно «двенадцать»:

а) вольфрам; б) железо; в) кобальт; г) молибден.

5. Укажите металлы с объемно-центрированной кубической решеткой:

а) алюминий; б) медь; в) молибден; г) никель.

6. Укажите металлы, кристаллическая структура которых гексагональная плотной упаковки:

а) алюминий; б) вольфрам; в) железо; г) кобальт.

7. Укажите медный сплав с содержанием 15% никеля и 20% марганца:

а) ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5; б) МНМц15-20; в) БрОЦС4-4-4; г) ЛЦ23А6ЖЗМц2;

8. Определить частоту электромагнитного поля, если глубина проникновения электромагнитного поля в медный проводник равна 2,076 мм:

а) 10 кГц; б) 50 кГц; в) 100 кГц; г) 200 кГц.

9. Укажите марки алюминия первичного высокой чистоты:

а) А999; б) А995; в) А85; г) А0.

10. Собственный полупроводник - это:

а) полупроводник, уровень Ферми в котором расположен в запрещенной зоне на расстоянии от ее границ, большем  $kT$  ;

б) полупроводник, уровень Ферми в котором расположен в зоне проводимости или в валентной зоне, или же в запрещенной зоне на расстоянии от границ указанных зон, меньшем  $kT$ ;

в) полупроводник, не содержащий примесей, влияющих на его электропроводность.

г) полупроводник, электропроводность которого обусловлена в основном перемещением электронов проводимости.

11. Простой полупроводник - это:

а) полупроводник, электропроводность которого обусловлена в основном перемещением электронов проводимости;

б) полупроводник, электропроводность которого обусловлена в основном перемещением дырок проводимости;

в) полупроводник, основной состав которого образован атомами одного химического элемента;

г) полупроводник, не содержащий примесей, влияющих на его электропроводность.

12. Собственная электропроводность:

а) электропроводность полупроводника, обусловленная в основном перемещением дырок проводимости;

б) электропроводность полупроводника, обусловленная в основном перемещением электронов проводимости;

в) электропроводность полупроводника, обусловленная генерацией пар "электрон проводимости – дырка проводимости" при любом способе возбуждения;

г) электропроводность полупроводника, обусловленная рекомбинацией пар "электрон проводимости – дырка проводимости".

13. Равновесная концентрация носителей заряда полупроводника:

а) концентрация электронов проводимости полупроводника, при которой уровень Ферми совпадает с нижней границей зоны проводимости;

б) концентрация дырок проводимости полупроводника, при которой уровень Ферми совпадает с верхней границей валентной зоны;

в) концентрация подвижных носителей заряда в полупроводнике в условиях термодинамического равновесия;

г) концентрация равновесных носителей заряда в собственном полупроводнике.

14. Критическая концентрация электронов проводимости полупроводника это:

а) концентрация электронов проводимости полупроводника, при которой уровень Ферми совпадает с нижней границей зоны проводимости;

б) концентрация дырок проводимости полупроводника, при которой уровень Ферми совпадает с верхней границей валентной зоны;

в) концентрация подвижных носителей заряда в полупроводнике в условиях термодинамического равновесия;

г) концентрация равновесных носителей заряда в собственном полупроводнике.

15. Инжекция носителей заряда:

а) исчезновения электрона проводимости или дырки проводимости в результате перехода на локальный уровень дефекта решетки полупроводника;

б) возникновение электрона проводимости или дырки проводимости в результате возбуждения дефекта решетки полупроводника;

в) введение носителя заряда в полупроводник;

г) выведение носителя заряда из полупроводника.

16. Экстракция носителей заряда:

а) исчезновения электрона проводимости или дырки проводимости в результате перехода на

локальный уровень дефекта решетки полупроводника;

б) возникновение электрона проводимости или дырки проводимости в результате возбуждения дефекта решетки полупроводника;

в) введение носителя заряда в полупроводник;

г) выведение носителя заряда из полупроводника.

17. Разрешенная зона полупроводника:

а) область значений энергии электронов в кристалле полупроводника;

б) свободная зона полупроводника, на уровнях которой при возбуждении могут находиться электроны проводимости;

в) верхняя из заполненных зон полупроводника;

г) энергетическая зона или совокупность перекрывающихся в результате расщепления из какого-либо одного или нескольких энергетических уровней изолированных атомов в процессе образования структуры кристалла.

18. Зона проводимости полупроводника:

а) разрешенная область полупроводника, в которой отсутствуют электроны проводимости при абсолютном нуле температуры;

б) область значений энергии электронов в кристалле полупроводника;

в) свободная зона полупроводника, на уровнях которой при возбуждении могут находиться электроны проводимости;

г) верхняя из заполненных зон полупроводника.

19. Валентная зона полупроводника:

а) разрешенная область полупроводника, в которой отсутствуют электроны проводимости при абсолютном нуле температуры;

б) область значений энергии электронов в кристалле полупроводника;

в) свободная зона полупроводника, на уровнях которой при возбуждении могут находиться электроны проводимости;

г) верхняя из заполненных зон полупроводника.

20. Направленное движение носителей заряда из-за неравномерного распределения концентрации носителей заряда в объеме полупроводника в отсутствие градиента температуры называют:

а) дрейфом; б) диффузией; в) подвижностью носителей заряда; г) инжекцией.

#### 14.1.2. Экзаменационные тесты

1) Определить концентрацию свободных электронов в алюминии, если алюминий кристаллизуется в решетке гранцентрированного куба, а период решетки алюминия – 0,4041 нм. Принять, что на каждый атом кристаллической решетки приходится один электрон.

а)  $8,32 \times 10^{28} \text{ м}^{-3}$ ; б)  $12,36 \times 10^{28} \text{ м}^{-3}$ ; в)  $18,18 \times 10^{28} \text{ м}^{-3}$ ; г)  $28,42 \times 10^{28} \text{ м}^{-3}$ .

2) Определить период кристаллической решетки меди, если плотность меди  $8900 \text{ кг/м}^3$ , молярная масса меди  $63,546 \text{ кг/кмоль}$ , а элементарная ячейка меди представляет собой гранцентрированный куб.

а) 0,167 нм; б) 0,372 нм; в) 0,583 нм; г) 0,732 нм.

3) Вычислите плотность никеля, если период кристаллической решетки никеля 0,3517 нм.

а)  $4,83 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; б)  $5,78 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; в)  $8,96 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; г)  $10,96 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

4) Определить расстояние между ближайшими атомами в кристаллической решетке вольфрама, если плотность вольфрама  $19,3 \text{ г/см}^3$ , а элементарная ячейка представляет собой объемно-центрированный куб.

а) 0,274 нм; б) 0,315 нм; в) 0,541 нм; г) 0,762 нм.

5) Определить среднее значение энергии свободных электронов в серебре вблизи температуры 0 К, если удельная плотность серебра  $10,49 \text{ г/см}^3$ , молярная масса серебра  $107,87 \text{ кг/кмоль}$ .

а) 1,4 эВ; б) 2,2 эВ; в) 3,3 эВ; г) 5,4 эВ.

6) Вычислить суммарную кинетическую энергию свободных электронов в  $1 \text{ см}^3$  серебра при температуре 0 К, полагая, что число свободных электронов равно количеству атомов серебра.

а)  $1,113 \times 10^4 \text{ Дж}$ ; б)  $3,103 \times 10^4 \text{ Дж}$ ; в)  $5,217 \times 10^4 \text{ Дж}$ ; г)  $7,338 \times 10^4 \text{ Дж}$ .

7) Укажите конструкционные сплавы, в которых присутствует легирующий элемент алюминий:

а) ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5; б) МНМц15-20; в) БрОЦС4-4-4; г) ЛЦ23А6Ж3Мц2; д)

БрО5Ц5С5;

е) ЛАЖ60-1-1; ж) ЛАН59-3-2; з) ЛА77-2; и) БрА7Мц15ЖЗН2Ц2; к) БрМц5.

8) Определите в процентах содержание меди в литейной латуни марки ЛЦ23А6ЖЗМц2.

а) 34%; б) 47%; в) 66%; г) 72%.

9) Определить температуру проводникового материала, если длина свободного пробега электронов равна 7,3 нм.

а) 675 К; б) 893 К; в) 1293 К; г) 1458 К.

10) Определите отношение диаметров проводов из алюминия и меди, если провода имеют одинаковые сопротивления, длину и температуру 20 С. Физические параметры материалов проводов при температуре 20 С: удельное электрическое сопротивление меди 17 нОм х м, удельное электрическое сопротивление алюминия 27 нОм х м,

а) 0,83; б) 1,59; в) 2,65; г) 3,17.

11) Определите удельное электрическое сопротивление вольфрама при температуре 2400 С, если при температуре 20 С удельное электрическое сопротивление вольфрама 55 нОм х м, а температурный коэффициент удельного электрического сопротивления вольфрама  $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ .

а) 317 нОм х м; б) 536 нОм х м; в) 709 нОм х м; г) 928 нОм х м.

12) Укажите диэлектрические материалы, которые имеют отрицательное значение температурного коэффициента диэлектрической проницаемости:

а) полиэтилен; б) слюда; в) цельсияновая керамика; г) полистирол; д) ультрафарфор; е) полипропилен; ж) брокерит; з) стеатитовая керамика; и) лавсан; к) рутиловая керамика.

13) Определить поляризованность изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью 3,7, если пластина диэлектрика расположена нормально вектору напряженности однородного электрического поля 370 В/м.

а) 1,03; б) 2,39; в) 4,12; г) 6,19.

14) Укажите индуцированные в smart-диэлектрике физические явления при воздействии на smart-диэлектрик магнитного поля:

а) упруго-тепловой эффект; б) деформация; в) обратный пьезоэффект; г) пирозлектрический эффект; д) магнитооптический эффект; е) прямой пьезоэффект; ж) поляризация; з) электромагнитный эффект;

и) магнитоэлектрический эффект; к) электрооптический эффект; л) пьезомагнитный эффект;

м) намагничивание; н) магнитоstriction; о) термомагнитный эффект.

15) . В однородном магнитном поле индукцией 1,2 Тл перпендикулярно магнитному потоку помещена плоскопараллельная пластина из однородного изотропного ферромагнетика с магнитной проницаемостью 240. Определите магнитную индукцию внутри ферромагнетика.

а) 0,6 Тл; б) 0,9 Тл; в) 1,2 Тл; г) 1,8 Тл.

16) Определите магнитную восприимчивость висмута, если при напряженности магнитного поля 4000 А/м магнитная индукция в висмуте 12,564 мТл.

а)  $-1,34 \times 10^{-9}$ ; б)  $+1,34 \times 10^{-9}$ ; в)  $-3,34 \times 10^{-9}$ ; г)  $+3,34 \times 10^{-9}$ .

17) Определите потери на вихревые токи в магнитопроводе трансформатора, собранного из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, если в магнитопроводе той же формы и тех же геометрических размеров, но собранного из листов электротехнической стали той же марки толщиной 0,15 мм потери на вихревые токи составляют 0,9 Вт.

а) 4 Вт; б) 6 Вт; в) 10 Вт; г) 16 Вт.

18) Определить индукцию магнитного поля в материале магнитопровода из ферромагнетика с длиной средней линии 27 мм и немагнитным зазором 0,35 мм, если индукция магнитного поля в зазоре 0,35 Тл.

а) 0,18 Тл; б) 0,24 Тл; в) 0,35 Тл; г) 0,48 Тл.

19) В ферромагнетике на частоте 50 Гц удельные потери на гистерезис при индукции магнитного поля 0,1 Тл и 0,5 Тл составляют 0,15 Вт/кг и 1,97 Вт/кг соответственно. Определить удельные потери на гистерезис на частоте 200 Гц при индукции магнитного поля 0,6 Тл.

а) 0,6 Вт/кг; б) 7,8 Вт/кг; в) 10,6 Вт/кг; г) 16,2 Вт/кг.

20) В образце из магнитного материала суммарные удельные потери на гистерезис и на ви-

хревые токи при частоте 100 кГц равны и составляют 12 Вт/кг (при неизменной максимальной магнитной индукции в магнитном материале). Рассчитать суммарные удельные магнитные потери в образце при частоте 10 кГц.

- а) 1,02 Вт/кг; б) 4,17 Вт/кг; в) 6,07 Вт/кг; г) 10,02 Вт/кг.

#### 14.1.3. Темы контрольных работ

1) Для материала с объемно-центрированной кубической решеткой определить координационное число  $k$ .

- а) 2; б) 6; в) 8; г) 12.

2). Определить объем, приходящийся на один атом меди, если плотность меди  $8,92 \text{ г/см}^3$ , а элементарная ячейка меди представляет собой гранецентрированный куб.

- а)  $0,8 \times 10^{-29} \text{ м}^3$ ; б)  $1,8 \times 10^{-29} \text{ м}^3$ ; в)  $2,6 \times 10^{-29} \text{ м}^3$ ; г)  $3,2 \times 10^{-29} \text{ м}^3$ .

3). Указать металлы, для которых количество атомов, находящихся на наиболее близком и равном расстоянии от любого выбранного атома в решетке равно «восемь»:

- а) алюминий; б) вольфрам; в) железо; г) кобальт; д) медь; е) молибден; ж) никель; з) золото; и) платина; к) тантал.

4). Определить концентрацию свободных электронов в меди, если медь кристаллизуется в решетке гранецентрированного куба с периодом идентичности  $0,361 \text{ нм}$ . Принять, что на каждый атом кристаллической решетки приходится один электрон.

- а)  $0,5 \times 10^{29} \text{ 1/м}^3$ ; б)  $1,5 \times 10^{29} \text{ 1/м}^3$ ; в)  $2,5 \times 10^{29} \text{ 1/м}^3$ ; г)  $3,5 \times 10^{29} \text{ 1/м}^3$ .

5). Вычислить максимальную энергию – энергию Ферми, которую могут иметь свободные электроны в серебре.

- а) 2,5 эВ; б) 3,5 эВ; в) 4,5 эВ; г) 5,5 эВ.

6). Определить во сколько раз изменится удельная теплоемкость серебра при изменении температуры от значения  $293 \text{ К}$  до значения  $443 \text{ К}$ .

- а) 0,27; б) 0,68; в) 1,07; г) 2,19.

7). Укажите металлы с объемно-центрированной кубической решеткой:

- а) алюминий; б) вольфрам; в) железо; г) золото; д) медь; е) молибден; ж) никель; з) олово; и) платина; к) свинец; л) тантал; м) хром.

8). Определить частоту электромагнитного поля, если глубина проникновения электромагнитного поля в медный проводник равна  $2,076 \text{ мм}$ .

- а) 10 кГц; б) 38 кГц; в) 100 кГц; г) 142 кГц.

9). Вычислить длину свободного пробега электронов в меди при температуре  $300 \text{ К}$ , если удельное сопротивление меди при этой температуре равно  $0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$ .

- а) 8,9 нм; б) 19,2 нм; в) 38,9 нм; г) 68,3 нм.

10). Определить суммарную кинетическую энергию свободных электронов золота, полагая, что на каждый атом приходится один свободный электрон.

- а)  $47 \text{ кДж/см}^3$ ; б)  $143 \text{ кДж/см}^3$ ; в)  $341 \text{ кДж/см}^3$ ; г)  $736 \text{ кДж/см}^3$ .

11). Определить электрическое смещение внутри пластины изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью 3,7, если пластина расположена нормально вектору напряженности однородного электрического поля  $370 \text{ В/м}$ .

- а)  $0,29 \text{ нКл/м}^2$ ; б)  $1,23 \text{ нКл/м}^2$ ; в)  $3,27 \text{ нКл/м}^2$ ; г)  $5,72 \text{ нКл/м}^2$ .

12). Определить поверхностную плотность связанных зарядов пластины изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью 2, если пластина расположена нормально вектору напряженности однородного электрического поля  $100 \text{ В/м}$ .

- а)  $0,09 \text{ нКл/м}^2$ ; б)  $0,23 \text{ нКл/м}^2$ ; в)  $0,442 \text{ нКл/м}^2$ ; г)  $0,825 \text{ нКл/м}^2$ .

13). Определите магнитный момент единицы объема химически чистого железа, если магнитная индукция насыщения железа  $2,1 \text{ Тл}$ .

- а)  $0,36 \times 10^6 \text{ А/м}$ ; б)  $1,67 \times 10^6 \text{ А/м}$ ; в)  $2,83 \times 10^6 \text{ А/м}$ ; г)  $4,67 \times 10^6 \text{ А/м}$ .

14). Определить магнитную проницаемость кольцевого магнитопровода с длиной средней линии магнитного поля в материале магнитопровода  $100 \text{ мм}$  и немагнитным зазором  $0,5 \text{ мм}$ . На магнитопроводе расположена обмотка с числом витков 400. При протекании по намагничивающей обмотке тока силой  $0,25 \text{ А}$  в зазоре создается магнитная индукция  $0,2 \text{ Тл}$ .

- а) 163; б) 237; в) 418; г) 779.



15). Определить напряженность магнитного поля в материале кольцевого магнитопровода с немагнитным зазором 0,5 мм, если при напряженности магнитного поля 10 А/м в материале магнитопровода индукция магнитного поля 0,18 Тл. Длина средней линии магнитного поля в материале магнитопровода 100 мм.

а) 243 А/м; б) 323 А/м; в) 423 А/м; г) 723 А/м.

16). Собственный полупроводник:

а) полупроводник, уровень Ферми в котором расположен в запрещенной зоне на расстоянии от ее границ, большем ;

б) полупроводник, уровень Ферми в котором расположен в зоне проводимости или в валентной зоне, или же в запрещенной зоне на расстоянии от границ указанных зон, меньшем ;

в) полупроводник, не содержащий примесей, влияющих на его электропроводность.

17). Свободная зона полупроводника:

а) разрешенная область полупроводника, в которой отсутствуют электроны проводимости при абсолютном нуле температуры;

б) область значений энергии электронов в кристалле полупроводника;

в) свободная зона полупроводника, на уровнях которой при возбуждении могут находиться электроны проводимости;

г) верхняя из заполненных зон полупроводника.

18). Определить концентрацию электронов и дырок в собственном кремниевом полупроводнике при температуре 300 К.

а)  $10^9$  1/см; б)  $10^{17}$  1/см; в)  $10^{23}$  1/см; г)  $10^{29}$  1/см.

19). Определить удельную проводимость образца кремния при температуре 300 К, если концентрация акцепторов в полупроводнике  $2,3 \cdot 10^{13}$  см<sup>-3</sup> и концентрация доноров  $2,2 \cdot 10^{13}$  см<sup>-3</sup>. Подвижность электронов в кремнии 1500 см<sup>2</sup>/Вс, подвижность дырок в кремнии 600 см<sup>2</sup>/Вс.

а) 23 мкСм/см; б) 38 мкСм/см; в) 96 мкСм/см; г) 191 мкСм/см.

20). Определите концентрацию электронов в кристалле антимонида индия при температуре 293 К, если на каждые  $10^6$  атомов сурьмы приходится один атом кремния и два атома олова. Собственная концентрация носителей заряда в антимониде индия  $2 \cdot 10^{22}$  м<sup>-3</sup>, плотность антимонида индия – 5,78 Мг/м<sup>3</sup>.

а)  $0,37 \times 10^{22}$  1/м<sup>3</sup>; б)  $0,72 \times 10^{22}$  1/м<sup>3</sup>; в)  $2,33 \times 10^{22}$  1/м<sup>3</sup>; г)  $4,18 \times 10^{22}$  1/м<sup>3</sup>.

#### 14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование электрических свойств проводниковых материалов и сплавов

Исследование температурной зависимости проводимости твердых диэлектриков.

##### 14.1.1. Методические рекомендации

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

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются термины, следует выяснить их значение для понимания 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 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.