

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им.  
Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники  
Кафедра электроники и цифровых информационных  
технологий**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной программы

 **А.М. Кармоков**

« 30 » мая 2023 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. директора ИИЭиР

 **Р.Ш. Тешев**

« 30 » мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

Направление подготовки

**11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

Профиль: **Конструирование и технология радиоэлектронных средств**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

**Нальчик 2023**

Рабочая программа дисциплины (модуля) «**Физики конденсированного состояния**» /сост. А.М. Кармоков – Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2023. 21 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «**Физики конденсированного состояния**» предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, 3 курс, 5 семестр.

Рабочая программа составлена дисциплины (модуля) «**Физики конденсированного состояния**» с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «19» сентября 2017 г. № 928.

## Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля).....	4
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
<i>Структура дисциплины (модуля).....</i>	7
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	9
Коллоквиум.....	8
<i>Вопросы, выносимые на коллоквиум.....</i>	8
Образцы тестовых заданий.....	10
<i>Методические рекомендации по подготовке к экзамену.....</i>	10
<i>Критерии оценивания.....</i>	10
Задания для лабораторных занятий.....	14
6. Промежуточная аттестация.....	15
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	17
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).....	18
<i>Основная литература.....</i>	18
<i>Дополнительная литература.....</i>	18
<i>Периодические издания.....</i>	18
<i>Интернет-ресурсы.....</i>	18
9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	19
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	
Приложение 1. Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля).....	211
Приложение 2. Критерии оценки качества освоения дисциплины.....	232

## 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

### 1. Цель и задачи изучения дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины - подготовка специалистов теоретическим и экспериментальным знаниям навыкам исследования физических свойств, закономерностей и особых свойств полупроводниковых конденсированных материалов. Задача курса состоит в обучении студентов экспериментальным и теоретическим методам определения пространственных соотношений атомов и молекулярных сил, характеризующие закономерность, симметричность внутреннего строения и физические свойства кристалла.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина включена в базовую часть обязательных дисциплин **Б1.0.12** учебного плана по направлению подготовки по направлению подготовки ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств профиль: «Конструирование и технология радиоэлектронных средств».

Изучение дисциплины «**Физики конденсированного состояния**» базируется на следующих, ранее изучаемых, дисциплинах: «Физика», «Математика», «Материалы и компоненты электронных средств»

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, специальных курсов по дисциплинам: «Микроэлектроника», «Приборы и техника СВЧ», «Технология производства электронных средств» «Основы конструирования электронных средств» и других, а также производственной практики.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений **Б1.0.12** учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств профиль: «Конструирование и технология радиоэлектронных средств».

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (**ОТФ**):

- **Эксплуатация радиоэлектронной аппаратуры** (профессиональный стандарт 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», код В, уровень квалификации -5);
- **Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники** (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер - технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации -6).

Изучение дисциплины «**Физики конденсированного состояния**» базируется на следующих, ранее изучаемых, дисциплинах: «Физика», «Математика», «Материалы электронной техники».

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, специальных курсов по дисциплине: «Микроэлектроника», «Теоретические основы радиотехники», «Схемотехника электронных устройств» и др.

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, специальных курсов по дисциплинам: «Микроэлектроника», «Приборы и техника СВЧ», «Технология производства электронных средств» «Основы конструирования электронных средств» и других, а также производственной практики.

## 3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО по данному направлению подготовки:

- способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности (ОПК-1).
- способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных (ОПК-2)

Демонстрирует возможность использования теоретических знаний в области естественных наук для решения задач теоретического и прикладного характера. ОПК-1.2

**В результате освоения дисциплины студент должен:**

**Знать** фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы.

**Уметь** применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.

**Владеть** навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.

**4 Содержание и структура дисциплины (модуля)**

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

Таблица 1.

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Компетенции	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
1	Геометрическая кристаллография.	<p><b>5 семестр</b></p> <p>Симметрия в природе. Понятие кристалла. Предмет кристаллографии и кристаллофизики, история становления, связи с другими областями знаний. Роль русских ученых в становлении и развитии кристаллографии и кристаллофизики.</p> <p>Элементы симметрии кристаллических многогранников.</p> <p>1. Простые конечные элементы симметрии кристаллов: плоскость симметрии, ось симметрии, центр симметрии, операции отражения и вращения. 2-часа.</p> <p>2. Кристаллографические категории, системы и сингонии.</p> <p>3. Символы узлов (точек), рядов (направлений) и граней(плоскостей) в кристаллическом многограннике. Параметры Вейса. Индексы Миллера.</p> <p>4. Структура кристаллов и пространственная решетка.</p> <p>5. Решетки Бравэ. Элементы симметрии кристаллических структур.</p> <p>6. Пространственные (Федоровские) группы симметрии кристаллических структур.</p> <p>Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки. Основные формулы структурной кристаллографии. 2-часа.</p>	ОПК-1 ОПК-2	К, Т, ЛР
2	Основы кристал-	1. Атомные и ионные радиусы. Координационные числа и координацион-	ОПК-1 ОПК-2	К, Т, ЛР

	лохимии.	<p>ные многогранники.</p> <p>2. Простые и сложные решетки. Типы межатомных связей в структурах. Плотнейшие упаковки частиц в структурах. 2-час.</p> <p>3. Дефекты кристаллической структуры. Классификация дефектов.</p> <p><b>6 семестр</b></p> <p>Дефекты по Френкелю и Шоттки. Влияние дефектов на электрические свойства кристаллов.</p> <p>4. Примеси замещения и внедрения. Дислокации. Методы наблюдения дис-локаций.</p> <p>Основные методы рентгенографии кристаллов.</p> <p>1. Методы Лауэ. Определение ориентировки и симметрии кристаллов. Метод вращения и колебания кристалла. Метод Дебая - Шеррера. Индицирование дебаеграмм. Фазовый анализ.</p> <p>2. Электронография. Устройство и принцип работы электронографа. Определение структуры кристаллов электронографическим методом. Исследование текстур пленок.</p> <p>3. Просвечивающая Электронная микроскопия. Устройство и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа.</p> <p>3. Растровая электронная микроскопия.</p>		
3	Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия.	<p>1. Основной закон кристаллофизики (принцип Неймана). Принцип суперпозиций симметрии (принцип Кюри).</p> <p>2. Кристаллографические системы координат.</p> <p>Физические свойства кристаллов описываемые тензором первого ранга.</p> <p>1. Скалярные и векторные физические свойства кристаллов.</p> <p>2. Пироэлектрический эффект. Пироэлектрические коэффициенты.</p> <p>3. Электрокалорический эффект.</p> <p>Физические свойства кристаллов, описываемые вектором второго ранга.</p> <p>1. Диэлектрические свойства кристаллов</p> <p>2. Магнитные свойства кристаллов. Тензоры диэлектрической и магнитной проницаемостей.</p> <p>3. Тензор механических напряжений и деформаций. Антисимметричные тен-</p>	<b>ОПК-1</b> <b>ОПК-2</b>	<b>К, Т, ЛР</b>

		зоры. Физические свойства кристаллов, Описываемые тензором третьего ранга. 1. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты. 2. Пьезоэлектрический эффект в кварце. 3. Линейный электрооптический эффект. Физические свойства кристаллов, описываемые тензором 4 ранга. 1. Упругие свойства кристаллов. 2. Взаимная связь физических свойств и явлений в кристаллах.		
--	--	--	--	--

### Структура дисциплины (модуля)

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов).

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	5 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	34	34
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	34	34
<b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа:</b>	<b>49</b>	<b>49</b>
Курсовая работа (КР)/ Курсовой проект (КП)	не предусмотрены	не предусмотрены
Самостоятельное изучение разделов/тем	49	49
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
	Геометрическая кристаллография.
	Решетки Бравэ.
	Свойства обратной решетки.
	Основы законы кристаллохимии.
	Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия
	Связь симметрии и физических свойств кристаллов.
	Физические свойства описываемые тензорами нулевого, первого, второго, третьего и четвертого рангов.

Таблица 4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема
1	Определение параметров специальных видов световой микроскопии
2	Исследование дислокации в монокристаллических структурах
3	Исследование микроструктуры поликристаллических материалов.
4	Определение толщины тонких пленок и эпитаксиальных слоев оптическими

	методами
5	Определение углов между гранями кристаллов гониометрическим методом
6	Диэлектрические свойства сегнетоэлектрических кристаллов
7	Пьезоэлектрические свойства кристаллов

Таблица 5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Кристаллическое состояние веществ
2	Кристаллографические классы симметрии
3	Кристаллографические категории, системы и сингонии
4.	Кристаллографические системы координат
5	Решетки Бравэ. Четыре типа решеток Бравэ
6	Антисимметрия в кристаллах.
7	Типы структур кристаллов
8	Образование твердых растворов внедрения и замещения в кристаллах
9	Матричное представление преобразование симметрии в кристаллах
10	Скалярные и векторные физические свойства кристаллов
11	Физические свойства описываемые тензором второго ранга
12	Физические свойства описываемые тензором второго ранга
13	Физические свойства описываемые тензором третьего ранга
14	Физические свойства описываемые тензором четвертого ранга

## 5 Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

#### Вопросы, выносимые на коллоквиум

##### *Первый коллоквиум*

1. Структура кристалла и пространственная решетка.
2. Символы узлов, рядов и граней в кристаллическом многограннике.
3. Кристаллографические проекции.
4. Элементы симметрии кристаллических структур
5. Элементы симметрии кристаллических многогранников
6. Решетки Бравэ.
7. Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки.
8. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат.
9. Основные уравнения дифракции.
10. Метод порошков.
11. Метод вращения монокристалла.
12. Электронная микроскопия.

##### *Второй коллоквиум*



1. Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник.
2. Энергия связи.
3. Типы связей в структурах.
4. Классификация дефектов.
5. Дислокации.
6. Точечные дефекты. Дефекты по Френкелю и Шоттки.
7. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Френкелю - вывод).
8. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Шоттки- вывод).
9. Контур и вектор Бюргерса.
10. Плотнейшая упаковка в структурах.
11. Предел устойчивости структур.

### ***Третий коллоквиум***

1. Кристаллографические системы координат.
2. Скалярные физические свойства.
3. Основной закон кристаллофизики.
4. Принцип суперпозиции Кюри.
5. Пьезоэлектрический эффект.
6. Указательная поверхность пьезоэлектрического коэффициента.
7. Диэлектрические свойства кристаллов.
8. Геометрическая интерпретация тензора диэлектрической проницаемости.
9. Матричные представления преобразований симметрии.
10. Магнитные свойства кристаллов.
11. Теплопроводность.
12. Прямой и обратный пьезоэффект.
13. Тензор механической деформации.
14. Пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрический эффект в кварце.

### ***Рекомендации при подготовке к коллоквиуму***

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;
- прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемым вопросам;
- ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях, проконсультироваться с преподавателем.

### ***Критерии оценивания***

<b>Оценка</b>			
<b>Неудовлетворительно 2 балла</b>	<b>удовлетворительно 4 балла</b>	<b>хорошо 6 баллов</b>	<b>отлично 8 баллов</b>
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

### **Образцы тестовых заданий**

V1: 1. Кристаллография

## V2: Структурная кристаллография

S: При фазовом переходе первого рода скачком меняется ### производная свободной энергии.

+: первая

S: При фазовом переходе второго рода скачком меняется ### производная свободной энергии.

+: вторая

S: Модификации, образующиеся при полиморфизме называют...

-: политропическими

+: аллотропическими

-: политипными

S: В кристаллах одной и той же модификации данного вещества углы между соответствующими гранями при данной температуре и давлении остаются ...

-: разной

+: постоянной

-: острыми

-: тупыми

S: Монокристалл хлорида натрия имеет внешнюю форму ...

-: октаэдра

+: куба

-: тетраэдра

-: диэдра

-: гексаэдра

S: NaCl имеет ... элементарную ячейку

+: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

-: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

-: ГПУ (гексагональная плотноупакованная)

-: тригональную

-: тетрагональную

S: Алмаз имеет ... кристаллическую решетку

+: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

-: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

-: ГПУ (гексагональная плотноупакованная)

-: тригональную

-: тетрагональную

S: Металлы со структурой типа меди имеют ... кристаллическую решетку

+: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

-: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

-: ГПУ (гексагональная плотноупакованная)

-: тригональную

-: тетрагональную

S: Металлы со структурой типа магний имеют ... кристаллическую решетку

-: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

-: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

+: гексагональную

-: тригональную

-: тетрагональную

S: Металлы со структурой типа вольфрама имеют ... кристаллическую решетку

-: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

+: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

-: гексагональную

-: тригональную

-: ромбическую

S: Кремний имеет ... кристаллическую решетку

+: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

-: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

-: ГПУ (гексагональная плотноупакованная)

-: тригональную

-: тетрагональную

S: Германий имеет ... кристаллическую решетку

+: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

-: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

-: ГПУ (гексагональная плотноупакованная)

-: тригональную

-: тетрагональную

S: Графит имеет ... кристаллическую решетку

-: ГЦК (гранецентрированная кубическая)

-: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)

+: гексагональную

-: тригональную

-: тетрагональную

S: Монокристалл алмаза имеет внешнюю форму ...

-: гексаэдра

-: октаэдра

-: куба

+: тетраэдра

-: диэдра

S: Операцией симметрии называют операцию ... точки с другой точкой.

-: сопоставления

+: совмещения

-: разъединение

S: Воображаемый геометрический элемент, с помощью которого осуществляется операция симметрий называется ...

+: элементом симметрии

-: плоскостью симметрии

-: осью симметрии

-: центром симметрии

S: Плоскость зеркального отражения, осуществляющая совмещение симметрично равных точек называется ...

-: плоскостью скользящего отражения

+: плоскостью симметрии

-: осью симметрии

-: инверсионной осью симметрии

-: центром симметрии

S: Ось, при повороте вокруг которой на некоторый определенный угол, происходит совмещение симметричных точек, называют ...

-: плоскостью скользящего отражения

-: плоскостью отражения

+: осью симметрии

-: инверсионной осью симметрии

-: центром симметрии

S: Порядок возможных осей вращения  $n$  в кристаллах строго ограничен и составляет ...

-: 1, 2, 3, 4, 5, 6

-: 1, 2, 3, 4, 5

+: 1, 2, 3, 4, 6

-: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

-: 1, 2, 3, 4, 7

S: Инверсионными осями n-го порядка называют оси, сочетающие совместное действие поворотной оси того же порядка с ...

-: плоскостью скользящего отражения

-: плоскостью отражения

-: осью симметрии

+: центром симметрии

-: плоскости симметрии

S: Центром симметрии (центром инверсии) называется особая точка внутри фигуры, характеризующаяся тем, что любая прямая проведенная через центр симметрии, встречает одинаковые точки фигуры по обе стороны от центра на ### расстояниях.

+: равных

S: Симметрии в кристаллах распределяются на ... сингонии.

-: 6

+: 7

-: 5

-: 8

-: 3

S: Индексы узла, направления и плоскости пространственной решетки обозначаются ... цифрами.

+: 4

+: 3

-: 2

-: 6

-: 5

S: Символ узла кристаллической решетки обозначаются ... скобками.

-: круглыми

-: квадратными

+: двойными квадратными

-: фигурными

-: угловыми

S: Символ направления кристаллической решетки обозначаются ... скобками.

-: круглыми

+: квадратными

-: двойными квадратными

-: фигурными

+: угловыми

S: Символ плоскости кристаллической решетки обозначаются ... скобками.

+: круглыми

-: квадратными

-: двойными квадратными

+: фигурными

-: угловыми

S: В кристаллографии символом  $[[mnp]]$  обозначают ...

-: плоскость

+: узел в решетке

-: направление в решетке

-: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом  $[mnp]$  обозначают ...

-: плоскость

-: узел в решетке

+: направление в решетке

-: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом  $\langle mnp \rangle$  обозначают ...

-: плоскость

-: узел в решетке

-: направление в решетке

+: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом  $(hkl)$  обозначают ...

+: плоскость

-: узел в решетке

-: направление в решетке

-: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом  $\{hkl\}$  обозначают ...

-: плоскость

-: узел в решетке

-: направление в решетке

-: семейство эквивалентных направлений

+: семейство эквивалентных плоскостей

S: Символ совокупности симметрично эквивалентных направлений кристаллической решетки обозначаются ... скобками.

-: круглыми

-: квадратными

-: двойными квадратными

-: фигурными

+: угловыми

S: Символы направление и плоскости для тригональной и гексагональной сингонии (символы Миллера-Бравэ) обозначаются ... цифрами.

+: 4

-: 3

-: 2

-: 6

-: 5

S: Единичной гранью называется грань кристалла, пересекающая оси координат на расстоянии ... (в осевых масштабных) отрезка от начала координат.

+: одного

-: двух

-: трех

-: шести

S: Простой идеальной формой кристалла называется многогранник, все грани которого можно получить из ... с помощью преобразований симметрии данного кристалла.

+: одной грани

-: совокупности граней

-: двух граней

-: точечной группы

S: Для построения стереографической проекции, на сферы проекции, точка зрения размещается ...

-: на северном полюсе

-: на южном полюсе

+: на южном и северном полюсах

### ***Методические рекомендации по подготовке к тестированию***

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

### ***Критерии оценивания***

<b>Оценка</b>			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

### **Задания для лабораторных занятий**

(контролируемая компетенция (ОПК-1, **ОПК-2**))

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами.

### ***Пример типовой лабораторной работы «Исследование дислокации в монокристаллических структурах»***

Целью данной работы является исследование дислокационной структуры монокристаллов алмаза и хлористого натрия. Определение плотности линейной и поверхностной дислокации на поверхности монокристаллов различной ориентации.

### ***Методические рекомендации***

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, содержащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение эксперимента. Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Лабораторные измерения на металлографическом микроскопе студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения соответствующего допуска. Результаты измерения проверяются преподавателем.

При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе. К отчету о выполненной работе предъявляются следующие требования:

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- задание;
- описание методики измерений;
- первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя;
- результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы;
- общие выводы о работе и заключение, о качестве исследованных материалов.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

## **6. Промежуточная аттестация**

### ***Список основных вопросов к устному экзамену***

1. Структура кристалла и пространственная решетка.
2. Магнитные свойства кристаллов.
3. Символы узлов, рядов и граней в кристаллическом многограннике.
4. Диэлектрические свойства кристаллов.
5. Кристаллографические проекции.
6. Пирозлектрический эффект.
7. Элементы симметрии кристаллических структур.
8. Основной закон кристаллофизики. Принцип суперпозиции Кюри.
9. Элементы симметрии кристаллических многогранников.
10. Геометрическая интерпретация тензора диэлектрической проницаемости.
11. Решетки Бравэ.
12. Матричные представления преобразований симметрии.
13. Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки.
14. Теплопроводность.
15. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат.

16. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Френкелю - вывод).
17. Энергия связи.
18. Скалярные физические величины.
19. Контур и вектор Бюргерса.
20. Тензор механической деформации.
21. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Шоттки- вывод).
22. Указательная поверхность пьезоэлектрического коэффициента.
23. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Френкелю).
24. Прямой и обратный пьезоэффект.
25. Плотнейшая упаковка в структурах.
26. Пьезоэлектрический эффект в кварце.
27. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат.
28. Скалярные физические свойства
29. Точечные дефекты. Дефекты по Френкелю и Шоттки.
30. Кристаллографические системы координат.
31. Типы связей в структурах.
32. Метод порошков.
33. Классификация дефектов.
34. Метод вращения монокристалла.
35. Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник.
36. Электронная микроскопия.
37. Дислокации.
38. Пьезоэлектрический эффект.
39. Предел устойчивости структур.
40. Основные уравнения дифракции.
41. Символы узлов, рядов и граней в кристаллическом многограннике.
42. Кристаллографические проекции.
43. Элементы симметрии кристаллических структур.
44. Диэлектрические свойства кристаллов.
45. 1. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат
46. 2. Прямой и обратный пьезоэффект.
47. Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки.
48. Тензор механической деформации.
49. Типы связей в структурах.
50. Решетки Бравэ.

### *Методические рекомендации при подготовке к экзамену*

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течении семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защиту.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экза-



мену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

***Распределение баллов текущего, рубежного контроля и экзамена***

№		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
<b>1.</b>	<b>Текущий контроль</b>				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов
<b>2.</b>	<b>Рубежный контроль</b>				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
	<b>Итого</b>	<b>70 баллов</b>	<b>23 балла</b>	<b>23 балла</b>	<b>24 балла</b>
<b>3.</b>	<b>Экзамен</b>	<b>30 баллов</b>	<b>min – 15, max – 30 баллов</b>		

***Критерии оценивания***

При освоении дисциплины формируется компетенция ОПК-1. Указанная компетенция формируются в соответствии со следующими этапами:

- формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);
- приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (лабораторные работы, самостоятельная работа студентов);
- закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (лабораторные работы, практики, выпускная квалификационная работа).

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- базовый уровень (**оценка «удовлетворительно»**) является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень (**оценка «хорошо»**) характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;
- высокий уровень (**оценка «отлично»**) характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

**Критерии оценки качества освоения дисциплины приведены в приложении 2.**

**7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Таблица 6. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности (ОПК-1)	<b>Знать</b> фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы. <b>Уметь</b> применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. <b>Владеть</b> навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.	Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса. типовые тестовые задания. типовые оценочные материалы к экзамену.

## 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

### Основная литература

1. Гольдаде В. А. , Пинчук Л. С. Физика конденсированного состояния Под редакцией: Мышкин Н. К. Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с. (ЭБС)
2. Байков Ю. А. , Кузнецов В. М. Физика конденсированного состояния. Учебное пособие. Издательство: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 294 с. (ЭБС)
3. Разумовская И. В., Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки. Учебное пособие. Москва "Прометей", 2011, 68 с. (ЭБС)

### Дополнительная литература

1. Василевский А.С. Физика твердого тела. Уч. пособие. – М.: Дрофа, 2010 г. 210 стр.
2. Брандт Н. Б., Кульбачинский В. А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 632 с.
3. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. “Основы кристаллофизики”, М., 1979, Наука.
4. Шаскольская М.П. “Кристаллография”, М., Высшая школа, 1976.
5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М. Высшая школа, 1988.
6. Ашкрофт Н., Мэрмин Физика твердого тела. 1 и 2 том, М. Мир. 1979
7. Киттель Г. Физика твердого тела. М. Наука. 1978.
8. Уманский Я.С. и др. “Кристаллография, рентгенография, электронная микроскопия”, М., Металлургия, 1982.
10. Най Дж. “Физические свойства кристаллов и их описание при помощи тензоров и матриц”, М., Мир, 1967.
11. Кармоков А.М., Кармокова Р.Ю., Дышекова А.Х, Физика конденсированного состояния. Лабораторный практикум. (уч. пособие). – Нальчик, Из-во КБГУ, 2015. –64 с.

### Периодические издания.

Научные журналы:

1. Успехи физических наук.
  2. Физика твердого тела.
  3. Известия АН РФ, Серия физическая.
  4. Неорганические материалы.
- и др.

## Интернет-ресурсы

Электронная библиотека КБГУ.....<http://lib.kbsu.ru>  
 Единое окно доступа к образовательным ресурсам.....<http://window.edu.ru>  
 Информационно-справочный портал.....[library.ru](http://library.ru)  
 Публичная электронная библиотека.....[Public- library.narod.ru](http://Public-library.narod.ru)  
 Российский общеобразовательный портал.....[www.school.edu.ru](http://www.school.edu.ru)  
 Федеральный портал «Российское образование».....[www.edu.ru](http://www.edu.ru)  
 Энциклопедии, словари, справочники.....[www.encyklopedia.by.ru](http://www.encyklopedia.by.ru)  
 Российская государственная библиотека (РГБ).....E-mail: [post@rsl.ru](mailto:post@rsl.ru)  
 Библиотека Российской академии наук (БАН).E-mail: [ban@info.rasl.spb.ru](mailto:ban@info.rasl.spb.ru).  
<http://www.ban.ru>

### 9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.

2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.

3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Exell, MathCad.

4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовыми материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории №153 «Физика конденсированного состояния», оснащенной необходимым оборудованием и стендами для изучения структуры и свойств твердых тел.

Студенты имеют доступ через Интернет к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются: лицензионное программное обеспечение:

- Продукты Microsoft (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);

- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;
  - AltLinux (Альт Образование 8);
  - свободно распространяемые программы:
  - Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
  - WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;
- Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования.
- В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:
- альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
  - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
  - для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
  - для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

## Приложение 1

Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)  
**«Физика конденсированного состояния»** по направлению подготовки  
**11.03.03 Конструирование и технология электронных средств направленность**  
**(профиль) «Конструирование и технология радиоэлектронных средств»** на 20 –  
 20 учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вноси- мых изменений	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры*  
электроники и цифровых информационных  
технологий, протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20  
 г.

**Заведующий кафедрой**

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Р.Ш. Тешев

подпись

расшифровка подписи

дата



## Приложение 2

## Критерии оценки качества освоения дисциплины

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
		Шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности (ОПК-1) <b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b> ОПК-1.2. Демонстрирует возможность использования теоретических знаний в области.	<b>Знать:</b> – фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы.	Не знает	отсутствие знаний о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.	неполные знания о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.	в целом успешные знания о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.	полностью сформированные знания о: - принципах работы устройства, возможностях средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры; - методах обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.
	<b>Уметь:</b> – применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.	Не умеет	отсутствие или частичное умение: - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.	недостаточное умение: - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.	в целом успешное умение - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.	полностью сформированное умение - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры; - использовать средства измерения для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
		Шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
естественных наук для решения задач теоретического и прикладного характера	<b>Владеть:</b> — навыками использования знаний физики и математики при решении практических	Не владеет	отсутствие навыков владения: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.	недостаточное владение: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры..	наличие навыков владения: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.	успешное владение: - эксплуатацией радиоэлектронной аппаратуры; - сборкой и настройкой радиоэлектронной аппаратуры.