

**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 компьютерных технологий  
Кафедра электроники и информационных технологий**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Руководитель образовательной  
программы**

**И.о. директора ИИЭ и КТ**

\_\_\_\_\_ **А.М. Кармоков**

\_\_\_\_\_ **Н.В. Черкесова**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

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

Направление подготовки

**11.06.01 Электроника, радиотехника и система связи**

Направленность программы: 05.27.01 **Твердотельная электроника,  
радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на  
квантовых эффектах**

Форма обучения  
**Очная**

**Нальчик 2018**

Рабочая программа дисциплины **«Физики конденсированного состояния»** /сост. А.М. Кармоков – Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2018.

Рабочая программа предназначена для преподавания аспирантам очной формы обучения по направлению 11.06.01 Электроника, радиотехника и система связи в 1 семестре. направленность подготовки 05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах 1 год обучения, 2-й семестр

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 11.06.01 **Электроника, радиотехника и система связи** утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «30» июля 2014 г. № 876 (зарегистрировано в Минюсте 25.08.2014 г. №33835)

## 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
5.1. Коллоквиум.....	9
<i>Вопросы, выносимые на коллоквиум</i> .....	9
5.2. Образцы тестовых заданий .....	10
<i>Методические рекомендации по подготовке к экзамену</i> .....	10
<i>Критерии оценивания</i> .....	10
6. Промежуточная аттестация .....	14
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности .....	15
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) .....	17
<i>Основная литература</i> .....	17
<i>Дополнительная литература</i> .....	17
<i>Периодические издания</i> .....	18
<i>Интернет-ресурсы</i> .....	18
9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	18
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	18
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля) .....	190

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

### Цель преподавания дисциплины.

**Цель курса:** дать аспирантам прочные знания о структуре и свойствах твёрдых тел, включая общие представления о строении кристаллов и аморфных веществ, о дефектах реального кристалла, теориях химической связи и т.д.; дать общие сведения о металлах, полупроводниках и аморфных твёрдых телах по характеру сил межчастичных взаимодействий; рассмотреть элементарные возбуждения в кристаллах; обеспечить рассмотрение свойств металлов, полупроводников, диэлектриков и аморфных тел с единой точки зрения, используя энергетический спектр электронов.

### Задачи изучения курса «Физики конденсированного состояния»

Задача курса «Физики конденсированного состояния» состоит в обучении аспирантов экспериментальным и теоретическим методам определения пространственных соотношений атомов и молекулярных сил, характеризующие закономерность, симметричность внутреннего строения и физические свойства конденсированных сред.

Изучив эту дисциплину аспирант должен освоить:

- закономерности и симметрии внутреннего строения кристалла,
- кристаллографические символы, категории, классы,
- симметричность физических свойств кристаллов и многогранность внешних форм,
- влияние внешних воздействий на свойства кристаллов,
- принципы физических методов исследования структур,
- влияние добавления инородных атомов в кристалл на динамическое равновесие и изменение свойства кристалла.

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

Дисциплина включена в вариативную часть обязательных дисциплин **Б1.В.ОД.3** учебного плана по направлению подготовки ВО 11.06.01 **Электроника, радиотехника и система связи** и направленности программы: 05.27.01 **Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах**

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 дисциплинам: «Физическая химия материалов и процессов электронной техники», «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах», «Современные методы исследования строения и свойства конденсированных фаз» схем», 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:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК–6).

– способность проводить научные исследования с учетом современных принципов работы элементной базы и устройств микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах (ПК–2).

**В результате освоения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

- содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда;
- теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности; методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач; методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования;
- основные законы, теоретические модели и современные методы исследований и математического моделирования в области твердотельной электроники.

**Уметь:**

- осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом;
- выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетнотеоретические методы исследования планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять теоретические, экспериментальные и вычислительные физические исследования при решении научноисследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств;
- использовать полученные знания для анализа результатов научных исследований и решения практических задач в области твердотельной электроники.

**Владеть:**

- приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач;
- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов; навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий; анализировать, обобщать и систематизировать результаты физических работ;
- разработкой методов научного исследования для получения новых фундаментальных знаний в области твердотельной электроники и способами применения этих знаний для создания прикладных технологий и решения 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	Код контролируемой компетенции	Форма текущего контроля
1	2	3	4	4
1	Геометриче	Элементы симметрии	(ОПК-1)	К, Т

	ская кристаллография.	<p>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.</p> <p>Основные формулы структурной кристаллографии. 2-часа.</p>		
2	Основы кристаллохимии.	<p>1. Атомные и ионные радиусы. Координационные числа и координационные многогранники.</p> <p>2. Простые и сложные решетки. Типы межатомных связей в структурах. Плотнейшие упаковки частиц в структурах. 2-часа.</p> <p>3. Дефекты кристаллической структуры. Классификация дефектов. Дефекты по Френкелю и Шоттки. Влияние дефектов на электрические свойства кристаллов.</p> <p>4. Примеси замещения и внедрения. Дислокации. Методы наблюдения дислокаций.</p> <p>Основные методы рентгенографии кристаллов.</p> <p>1. Методы Лауэ. Определение ориентировки и симметрии кристаллов. Метод вращения и колебания кристалла. Метод Дебая - Шеррера. Индексирование дебаеграмм. Фазовый анализ.</p> <p>2. Электронография. Устройство и принцип работы электронографа. Определение структуры кристаллов электронографическим методом.</p>	(УК–6), (ПК–2)	К, Т

		<p>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. Пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрические 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 тензоры.</p> <p>Физические свойства кристаллов, Описываемые тензором третьего ранга.</p> <p>1. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты.</p> <p>2. Пьезоэлектрический эффект в кварце.</p> <p>3. Линейный электрооптический эффект.</p> <p>Физические свойства кристаллов, описываемые тензором 4 ранга.</p> <p>1. Упругие свойства кристаллов.</p> <p>2. Взаимная связь физических свойств и явлений в кристаллах.</p>	(УК–6), (ПК–2)	К, Т

### Структура дисциплины (модуля)

Дисциплина изучается в 2 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц ( 72 часов).

Таблица 2.

Вид работы
------------

	№ семестра 2	Всего
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
Лекции (Л)	20	20
Практические работы (ПР)	-	-
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
Самостоятельное изучение разделов	52	52
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),		
Подготовка и сдача экзамена <sup>1</sup>		
<b>Вид итогового контроля ( экзамен)</b>		<b>Зачет</b>

Таблица 3. Лекционные занятия

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

Таблица 4 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**

### **5.1. 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>
Аспирант не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Аспирант поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Аспирант хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Аспирант в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

#### **5.2. 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

## 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. Пироэлектрический 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 пироэлектрического 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 экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

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

Таблица 6. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

Результаты обучения	Основные показатели оценки	Вид оценочного
---------------------	----------------------------	----------------

(компетенции)	результатов обучения	материала
<p>способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6)</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда. <b>УМЕТЬ:</b> осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом.</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> Приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач.</p>	<p>Коллоквиум Тестирование</p>
<p>владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1)</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности; методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач; методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования. <b>УМЕТЬ:</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетнотеоретические методы исследования планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять теоретические, экспериментальные и вычислительные физические исследования при решении научноисследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств.</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов; навыками работы на современной</p>	<p>Коллоквиум Тестирование</p>



	аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий; анализировать, обобщать и систематизировать результаты физических работ.	
способность проводить научные исследования с учетом современных принципов работы элементной базы и устройств микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах (ПК-«)	ЗНАТЬ: основные законы, теоретические модели и современные методы исследований и математического моделирования в области твердотельной электроники. УМЕТЬ: использовать полученные знания для анализа результатов научных исследований и решения практических задач в области твердотельной электроники.	Коллоквиум Тестирование

## 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) <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309>
2. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. “Основы кристаллофизики”, М., 1979, Наука.– 7 экз.
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М. Высшая школа, 1988. – 24 экз.

### Дополнительная литература

3. Шаскольская М.П. “Кристаллография”, М., Высшая школа, 1976. – 4 экз.
4. Байков Ю. А. , Кузнецов В. М. Физика конденсированного состояния. Учебное пособие. Издательство: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 294 с. (ЭБС)
5. Разумовская И. В., Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки. Учебное пособие. Москва "Прометей", 2011, 68 с. (ЭБС)
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.
9. Най Дж. “Физические свойства кристаллов и их описание при помощи тензоров и матриц”, М., Мир, 1967.
10. 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.enciklopedia.by.ru](http://www.enciklopedia.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 компьютерных класса 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:

- тестовым 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 доступ 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).

#### **Лист изменений (дополнений)**

в рабочую программу по дисциплине «Физика конденсированного состояния» по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Направленность программы 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

на \_\_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры  
электроники и информационных технологий,  
протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.*

**Заведующий кафедрой**

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

\_\_\_\_\_/

Р.Ш. Тешев

подпись

расшифровка подписи

дата