

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Н. Л. Королева  
«21» июня 2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.12 Физика конденсированного состояния

Направление подготовки/специальность: 03.03.02 - Физика

Профиль/направленность/специализация: Фундаментальная физика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2023

Тамбов, 2023

**Автор программы:**

Доктор физико-математических наук, профессор Шибков Александр Анатольевич

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика (уровень бакалавриата) (приказ Министерства науки и высшего образования РФ от «07» августа 2020 г. № 891).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры теоретической и экспериментальной физики «16» июня 2023 г. Протокол № 8

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «21» июня 2023 г. № 3.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Бакалавриата.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	7
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	15
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	17
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	17

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-4 Способен к выполнению фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера в области физики и смежных областях

### 1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский
- педагогический

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сферах: 01 Образование и наука (в сферах: реализации образовательных программ среднего общего образования, среднего профессионального образования, высшего образования и дополнительных профессиональных программ; научных исследований и научно-конструкторских разработок), 40 Сквозные виды деятельности в промышленности (в сферах: фундаментальных основ физики живых систем и физико-химической биологии, применения диагностического и лечебного оборудования, участия в инновационных и опытно-конструкторских разработках; эксплуатации электронных приборов и систем различного назначения; мониторинга параметров материалов; мониторинга состояния окружающей среды)

### 1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
	ПК-4 Способен к выполнению фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера в области физики и смежных областях	Выполняет фундаментальные и прикладные исследования в области физики конденсированного состояния

### 1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-4 Способен к выполнению фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера в области физики и смежных областях

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения			
		Очная (семестр)			
		5	6	7	8
1	Актуальные проблемы физики				+
2	Астрофизика		+		
3	Биофизика	+			
4	Геофизика		+		

5	Квантовая механика в примерах и задачах		+		
6	Методика воспитательной работы			+	
7	Нанотехнологии, наноматериалы, нанотестинг			+	
8	Общая и возрастная психология		+		
9	Основы квантовой физики		+		
10	Преддипломная практика				+

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 03.03.02 - Физика.

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» изучается в 7 семестре.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 4 з.е.

Очная: 4 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>144</b>
Контактная работа	96
Лекции (Лекции)	48
Практические (Практ. раб.)	48
Самостоятельная работа (СР)	12
Экзамен	36

## 3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
7 семестр					
1	Квантовая физика межатомного взаимодействия	6	6	1	Собеседование
2	Симметрия кристаллов	6	6	1	Собеседование; Тестирование
3	Дифракционные методы исследования кристаллической решетки	6	6	2	Собеседование

4	Дефекты кристаллического строения	6	6	2	Собеседование; Тестирование
5	Рост кристаллов	8	8	2	Собеседование
6	Электронные состояния в кристалле	8	8	2	Собеседование; Тестирование
7	Элементы зонной теории кристаллов	8	8	2	Собеседование; Тестирование

### **Тема 1. Квантовая физика межатомного взаимодействия (ПК-4)**

#### **Лекция.**

Классификация типов связей. Ковалентная связь. Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь. Силы Ван-дер-Ваальса. Силы Казимира-Польдера. Сравнительная характеристика различных типов связей.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

### **Тема 2. Симметрия кристаллов (ПК-4)**

#### **Лекция.**

Трансляционная и точечная симметрия. Элементарная ячейка кристалла. Вектор решетки. Сингонии. Дальний и ближний порядок. ОЦК, ГЦК и ГПУ – структуры. Поликристаллы. Нанокристаллы, квазикристаллы, жидкие кристаллы.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

### **Тема 3. Дифракционные методы исследования кристаллической решетки (ПК-4)**

#### **Лекция.**

Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Закон Вульфа-Бреггов. Рентгеноструктурный анализ. Дифракция нейтронной в кристаллах. Нейтронография. Другие методы.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

### **Тема 4. Дефекты кристаллического строения (ПК-4)**

#### **Лекция.**

Классификация дефектов решетки. Точечные дефекты. Краевая и винтовая дислокации. Вектор Бюргерса. Дефекты упаковки. Дислокационные скопления. Двойники. Образование пор и микротрещин. Роль дефектов в механических и физических свойствах кристаллов.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

### Тема 5. Рост кристаллов (ПК-4)

#### Лекция.

Термодинамика кристаллизации. Поверхностная энергия. Скрытая теплота кристаллизации. Зародышеобразование и размер кристаллического зародыша. Атомарно гладкая и шероховатая поверхность кристалла. Фактор Джексона. Роль дислокаций в росте кристалла из расплава (раствора). Дендритная кристаллизация и проблема свободной границы. Свободный и управляемый рост кристалла.

#### Практическое занятие.

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### Задания для самостоятельной работы.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

### Тема 6. Электронные состояния в кристалле (ПК-4)

#### Лекция.

Теорема Блоха. Понятие квазиимпульса. Обратная решетка. Неоднозначность квазиимпульса. Приведение к первой зоне Бриллюэна. Количество состояний в зоне Бриллюэна.

#### Практическое занятие.

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### Задания для самостоятельной работы.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

### Тема 7. Элементы зонной теории кристаллов (ПК-4)

#### Лекция.

Метод сильносвязанных электронов. Метод сильной связи без учета симметрии кристалла. Метод сильной связи с учетом симметрии кристалла. Метод слабосвязанных электронов. Классификация кристаллов на диэлектрики, полупроводники и металлы

#### Практическое занятие.

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### Задания для самостоятельной работы.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

## 4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

### 4.1. Распределение баллов:

7 семестр

- посещаемость – 20 баллов
- текущий контроль – 90 баллов
- контрольные срезы – 4 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки

1.	Квантовая физика межатомного взаимодействия	Собеседование	15	<p>15 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>10 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>5 баллов – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
2.	Симметрия кристаллов	Собеседование	15	<p>15 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>10 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>5 баллов – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Тестирование(контрольный срез)	10	Контрольный срез проводится в виде теста из 20 вопросов. За верный ответ на каждый вопрос студент получает 0,5 балла
3.	Дифракционные методы исследования кристаллической решетки	Собеседование	15	<p>15 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>10 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>5 баллов – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>



4.	Дефекты кристаллического строения	Собеседование	15	<p>15 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>10 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>5 баллов – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Тестирование(контрольный срез)	10	Контрольный срез проводится в виде теста из 20 вопросов. За верный ответ на каждый вопрос студент получает 0,5 балла
5.	Рост кристаллов	Собеседование	10	<p>10 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>7 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>4 балла – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
6.	Электронные состояния в кристалле	Собеседование	10	<p>10 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>7 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>4 балла – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Тестирование(контрольный срез)	10	Контрольный срез проводится в виде теста из 20 вопросов. За верный ответ на каждый вопрос студент получает 0,5 балла

7.	Элементы зонной теории кристаллов	Собеседование	10	10 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики 7 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики. 4 балла – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.
		Тестирование(контрольный срез)	10	Контрольный срез проводится в виде теста из 20 вопросов. За верный ответ на каждый вопрос студент получает 0,5 балла
8.	Посещаемость		20	20 баллов – студент посетил все 100% занятий 15 баллов – студент посетил не менее 80% занятий 10 баллов – студент посетил не менее 50% занятий 5 баллов – студент посетил не менее 25% занятий Если студент посетил менее 25% занятий, баллы не начисляются
9.	Премияльные баллы		20	Дополнительные премияльные баллы могут быть начислены: - постоянная активность во время практических занятий – 5 баллов; - участие в проектах – 5 баллов; - участие в конференциях – 10 баллов.
10.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы		20	Добор: студент может предоставить все задания текущего контроля и контрольные срезы
11.	Итого за семестр		150	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

## 4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

### Собеседование

#### Тема 1. Квантовая физика межатомного взаимодействия

Типовые вопросы для собеседования

1. Классификация типов связей.
2. Ковалентная связь.

3. Ионная связь.
4. Металлическая связь.
5. Водородная связь.
6. Силы Ван-дер-Ваальса.
7. Силы Казимира-Польдера.
8. Сравнительная характеристика различных типов связей.

## Тема 2. Симметрия кристаллов

Типовые вопросы для собеседования

1. Трансляционная и точечная симметрия.
2. Элементарная ячейка кристалла.
3. Вектор решетки.
4. Сингонии.
5. Дальний и ближний порядок.
6. ОЦК, ГЦК и ГПУ – структуры.
7. Поликристаллы.
8. Нанокристаллы, квазикристаллы, жидкие кристаллы.

## Тема 3. Дифракционные методы исследования кристаллической решетки

Типовые вопросы для собеседования

1. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.
2. Закон Вульфа-Бреггов.
3. Рентгеноструктурный анализ.
4. Дифракция нейтронной в кристаллах.
5. Нейтронография.

## Тема 4. Дефекты кристаллического строения

Типовые вопросы для собеседования

1. Классификация дефектов решетки.
2. Точечные дефекты.
3. Краевая и винтовая дислокации.
4. Вектор Бюргерса.
5. Дефекты упаковки.
6. Дислокационные скопления.
7. Двойники.
8. Образование пор и микротрещин.
9. Роль дефектов в механических и физических свойствах кристаллов.

## Тема 5. Рост кристаллов

Типовые вопросы для собеседования

1. Термодинамика кристаллизации.
2. Поверхностная энергия.
3. Скрытая теплота кристаллизации.
4. Зародышеобразование и размер кристаллического зародыша.
5. Атомарно гладкая и шероховатая поверхность кристалла.
6. Фактор Джексона.
7. Роль дислокаций в росте кристалла из расплава (раствора).
8. Дендритная кристаллизация и проблема свободной границы.
9. Свободный и управляемый рост кристалла.

### Тема 6. Электронные состояния в кристалле

Типовые вопросы для собеседования

1. Теорема Блоха.
2. Понятие квазиимпульса.
3. Обратная решетка.
4. Неоднозначность квазиимпульса.
5. Приведение к первой зоне Бриллюэна.
6. Количество состояний в зоне Бриллюэна.

### Тема 7. Элементы зонной теории кристаллов

Типовые вопросы для собеседования

1. Метод сильносвязанных электронов.
2. Метод сильной связи без учета симметрии кристалла.
3. Метод сильной связи с учетом симметрии кристалла.
4. Метод слабосвязанных электронов.
5. Классификация кристаллов на диэлектрики, полупроводники и металлы

## Тестирование

### Тема 2. Симметрия кристаллов

Типовые задания для тестирования

1. Сформулируйте теорему Блоха.
2. Поясните физический смысл функции Блоха.
3. Перечислите законы сохранения для электрона в кристалле.
4. Дайте определение квазиимпульса.
5. В чем различие и сходство импульса и квазиимпульса?
6. Вывести выражение для объема пространства квазиимпульсов, приходящееся на одно состояние в кристалле, исходя из соотношения неопределенностей и из граничных условий Борна-Кармана.
7. Поясните качественно механизм расщепления атомного уровня в зону их общих соображений квантовой механики.
8. Классифицируйте кристаллы по проводимости в соответствии с зонными представлениями.
9. Почему все кристаллы при всестороннем сжатии становятся металлами? Объясните с позиции зоной теории.
10. Поясните качественно, как при конденсации атомов атомные уровни расщепляются в зоны. Приведите аналоги в природе.
11. Какой метод квантовой механики лежит в основе метода “сильной связи” в зонной теории?
12. Дать определение обратной решетки и зон Бриллюэна.
13. Поясните связь закона Вульфа-Брэггов с границами зон Бриллюэна.
14. В чем отличие идеального кристалла от реального?

### Тема 4. Дефекты кристаллического строения

Типовые задания для тестирования

1. Сформулируйте теорему Блоха.
2. Поясните физический смысл функции Блоха.
3. Перечислите законы сохранения для электрона в кристалле.
4. Дайте определение квазиимпульса.
5. В чем различие и сходство импульса и квазиимпульса?

6. Вывести выражение для объема пространства квазиимпульсов, приходящееся на одно состояние в кристалле, исходя из соотношения неопределенностей и из граничных условий Борна-Кармана.
7. Поясните качественно механизм расщепления атомного уровня в зону их общих соображений квантовой механики.
8. Классифицируйте кристаллы по проводимости в соответствии с зонными представлениями.
9. Почему все кристаллы при всестороннем сжатии становятся металлами? Объясните с позиции зоной теории.
10. Поясните качественно, как при конденсации атомов атомные уровни расщепляются в зоны. Приведите аналоги в природе.
11. Какой метод квантовой механики лежит в основе метода “сильной связи” в зонной теории?
12. Дать определение обратной решетки и зон Бриллюэна.
13. Поясните связь закона Вульфа-Брэггов с границами зон Бриллюэна.
14. В чем отличие идеального кристалла от реального?

#### Тема 6. Электронные состояния в кристалле

##### Типовые задания для тестирования

1. Что произойдет с кристаллом при неограниченном росте плотности точечных дефектов и дислокаций?
2. Почему перемещение дислокаций вызывает необратимую деформацию кристаллов?
3. В чем сущность приближения самосогласованного поля?
4. Сформулируйте теорему Блоха.
5. Поясните физический смысл функции Блоха.
6. Вывести теорему Блоха в двух формулировках.
7. Когда появилась первая работа по зонной теории? Кто ее автор?
8. Какими квантовыми числами характеризуется состояние электрона в кристалле?
9. В чем заключается основная задача зонной теории?
10. Собственными функциями каких операторов являются функции Блоха?
11. Перечислите законы сохранения для электрона в кристалле.
12. Дайте определение квазиимпульса.
13. В чем различие и сходство импульса и квазиимпульса?
14. С какими свойствами симметрии пространства или времени связаны законы сохранения импульса и квазиимпульса?
15. Вывести выражение для оператора квазиимпульса.

#### Тема 7. Элементы зонной теории кристаллов

##### Типовые задания для тестирования

1. Что произойдет с кристаллом при неограниченном росте плотности точечных дефектов и дислокаций?
2. Почему перемещение дислокаций вызывает необратимую деформацию кристаллов?
3. В чем сущность приближения самосогласованного поля?
4. Сформулируйте теорему Блоха.
5. Поясните физический смысл функции Блоха.
6. Вывести теорему Блоха в двух формулировках.
7. Когда появилась первая работа по зонной теории? Кто ее автор?
8. Какими квантовыми числами характеризуется состояние электрона в кристалле?
9. В чем заключается основная задача зонной теории?
10. Собственными функциями каких операторов являются функции Блоха?
11. Перечислите законы сохранения для электрона в кристалле.
12. Дайте определение квазиимпульса.
13. В чем различие и сходство импульса и квазиимпульса?

14. С какими свойствами симметрии пространства или времени связаны законы сохранения импульса и квазиимпульса?

15. Вывести выражение для оператора квазиимпульса.

#### 4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

##### Типовые вопросы экзамена (ПК-4)

Вопросы по дисциплине «Физика конденсированного состояния» для экзамена

1. Типы связей в молекулах и твердых телах.
2. Насыщенность и направленность ковалентной связи.
3. Sp-гибридизация и структура молекул с ковалентной связью.
4. Синглетное и триплетное состояние молекулы водорода.
5. Насыщенность и направленность металлической связи.
6. Роль водородной связи в структуре льда и воды.
7. Дислокационные силы Ван-Дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса.
8. Силы Казмира-Польдера. Силы Лифшица.
9. Симметрия кристаллов. Элементарная ячейка кристалла. Сингонии.
10. Закон Вульфа-Брэггов. Дальний и ближний порядок. Моно- и поликристаллы.
11. Дефекты решетки. Классификация дефектов. Дислокационная природа прочности кристаллов. Качественное объяснение кривой нагружения кристаллов с дислокационных позиций.
12. Теорема Блоха в двух формулировках.
13. Квазиимпульс. Оператор квазиимпульса и его собственные функции.
14. Обратная решетка. Неоднозначность квазиимпульса. Физический смысл первой зоны Бриллюэна.
15. Метод сильной связи без учета симметрии кристалла.
16. Метод сильной связи с учетом симметрии кристалла. Закон дисперсии электронов.
17. Метод слабосвязанных электронов. Закон дисперсии электронов в металле в методе слабой связи.
18. Связь зонной теории с таблицей Д.И. Менделеева. Классификация кристаллов на металлы, полупроводники и диэлектрики в соответствии с представлениями зонной теории.

##### Типовые задания для экзамена (ПК-4)

Задания для экзамена

1. С помощью каких приближений многочастичная задача в зонной теории сводится к одночастичной?
2. В чем сущность приближения самосогласованного поля?
3. Сформулируйте теорему Блоха.
4. Поясните физический смысл функции Блоха.
5. Вывести теорему Блоха в двух формулировках.
6. В чем заключается основная задача зонной теории?
7. Дайте определение квазиимпульса.
8. Вывести выражение для оператора квазиимпульса.
9. Напишите собственную функцию оператора импульса, нормированную на ящик. Поясните ее физический смысл.
10. Почему периодическое потенциальное поле не оказывает сопротивления движению электрона?
11. В какой области пространства квазиимпульсов находятся все физически различные состояния электрона в кристалле?
12. Какое количество физически различных состояний существует в кристалле? Обоснуйте ответ.
13. Вывести выражение для объема пространства квазиимпульсов, приходящееся на одно состояние в кристалле, исходя из соотношения неопределенностей и из граничных условий Борна-Кармана.
14. Докажите, что квазиимпульс неоднозначен. Что означает приведение к первой зоне Бриллюэна?

15. Почему -пространство дискретно? Обоснуйте количественно связь этой дискретности с размерами кристалла.
16. Сформулируйте задачу в методе “сильной связи”.
17. Что является причиной образования зонного спектра энергии электрона в твердом теле?
18. Какие типы энергетического спектра частицы Вам известны в квантовой механике и каковы условия их реализации?
19. Классифицируйте кристаллы по проводимости в соответствии с зонными представлениями.

#### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ПК-4	Выполняет на высоком уровне фундаментальные и прикладные исследования в области физики конденсированного состояния
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ПК-4	Выполняет на хорошем уровне фундаментальные и прикладные исследования в области физики конденсированного состояния
«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ПК-4	Выполняет на удовлетворительном уровне фундаментальные и прикладные исследования в области физики конденсированного состояния
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ПК-4	Не выполняет фундаментальные и прикладные исследования в области физики конденсированного состояния

### 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

#### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

#### 5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

#### 5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

#### 5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;



- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

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

### **6.1 Основная литература:**

1. Шибков А.А. Основы физики конденсированного состояния : учеб. пособие. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2009. - 123 с.

### **6.2 Дополнительная литература:**

1. Грей Г. Электронная и химическая связь. - Москва: Мир, 1967. - 233 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222465>

### **6.3 Методические разработки:**

1. Шибков А.А. Физика конденсированного состояния : метод. рекомендации к разделу "Типы связей в молекулах и твёрдых телах". - Тамбов: [Издат. центр Тамб. гос. ун-та им. Г.Р. Державина], 1995. - 79 с.

### **6.4 Иные источники:**

1. Единое окно доступа к образовательным интернет-ресурсам Федерального портала «Российское образование» - [http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.1.21%2F](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.1.21%2F)
2. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система - <http://www.biblioclub.ru>
3. Консультант студента. Гуманитарные науки: электронно-библиотечная система - <http://www.studentlibrary.ru>
4. Российская национальная библиотека - <http://www.nlr.ru/>
5. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания - [www.monographies.ru](http://www.monographies.ru)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI - Russian

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
2. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: <https://apps.webofknowledge.com>
3. Scopus: база данных . – URL: <https://www.scopus.com>
4. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>
5. Электронная библиотека ТГУ. – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru/>
6. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
7. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
8. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prlib.ru>
9. Электронная библиотека РФФИ. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>

### **Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.