

**Министерство просвещения Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«Дагестанский государственный педагогический  
университет»**

Кафедра физики и методики преподавания



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1. В.01 «ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА»**

**Направление подготовки** - 44.04.01. Педагогическое образование  
**Направленность (профиль)** - Магистерская программа «Физическое образование и робототехника»  
**Квалификация выпускника:** Магистр  
**Форма и срок обучения** - заочная (2г. 6м.)

**Автор рабочей программы дисциплины (модуля):**  
*доцент, к.ф.-м.н. Гусейнов А.Н.*

**Программа утверждена на заседаниях:**

кафедры физики и методики преподавания  
*(протокол № 2 от «22» сентября 2022 г.)*

Зав. кафедрой: *Амиралиев А.Д., к.п.н., доцент*



(подпись)

Учёного совета института физико-математического и информационно-технологического образования  
*(протокол № 1 от «29» сентября 2022 г.)*

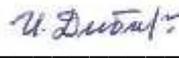
Председатель: *Бакмаев А.Ш., к.п.н., доцент*



(подпись)

учебно-методического совета ДГПУ  
*(протокол № 1 от «20» октября 2022 г.)*

Председатель УМС: *Дибиров И.А.*



(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи освоения дисциплины
2.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3.	Место дисциплины в структуре образовательной программы магистратуры
4.	Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
5.	Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
5.1.	Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)
5.2.	Структура учебной дисциплины (модуля)
6.	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
7	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)
7.1.	Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
7.2.	Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
7.3.	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
7.4.	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
8	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8.1.	Основная учебная литература
8.2.	Дополнительная учебная литература
9.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)
10.	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
11.	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
12.	Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Целями освоения дисциплины «Избранные вопросы по физике твердого тела»:**

- ознакомление со структурой и основами современной физики твердого тела, включающих общие представления о строении кристаллов и аморфных веществ, методах исследования структуры и различных физических свойств твердых тел, формирование у студентов вводных знаний по основным разделам физики твердого тела;

**Задачи дисциплины:**

- вскрыть роль типа и характера межатомного взаимодействия в формировании структуры и свойств твердых тел;
- рассмотреть основные фундаментальные принципы описания и исследования кристаллической структуры твердых тел различных типов;
- формирование у студентов умений пользоваться теоретическими знаниями при анализе различных физических явлений в твердых телах и проводить количественные оценки различных параметров, характеризующих физические свойства твердых тел;
- ознакомление студентов с основными подходами в области технологии изготовления полупроводниковых низкоразмерных элементов и структур;
- формирование знаний магистров в области современных тенденций развития физики твердого тела;
- рассмотреть процессы, происходящие в конструкционных материалах, диэлектриках, металлах, полупроводниках и на их границах.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В совокупности с другими дисциплинами ФГОС ВО дисциплина «Избранные вопросы по физике твердого тела» направлена на формирование следующих общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций (табл. 1.):

Таблица 1

Код компетенции	Наименование компетенции
ОПК-2	Способен проектировать основные и дополнительные образовательные программы и разрабатывать научно- методическое обеспечение их реализации
ОПК-3	Способен проектировать организацию совместной и индивидуальной учебной и воспитательной деятельности обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями
ПК-3	Способен проектировать содержание и учебно-методические материалы, обеспечивающие реализацию программ разного уровня и направленности по Физике

В результате изучения дисциплины «Избранные вопросы по физике твердого тела» студенты должны:

#### **Знать**

- терминологию, основные понятия области физики твердого тела;
- классификацию типов межатомной связи в твердых телах;
- современные представления о структуре кристаллических и аморфных твердых тел, основные методы их описания и исследования;
- взаимосвязь электронной и кристаллической структуры твердых тел с механическими, магнитными, тепловыми и другими свойствами твердых тел;
- основные контактные явления на границах твердых веществ;
- элементы зонной теории тела;
- современные положения теории электропроводности твердых тел;
- элементы теории пара-диа-и ферромагнетизма.

#### **Уметь**

- самостоятельно изучать и структурировать научно – техническую литературу по физике твердого тела;
- анализировать общие проблемы физики твердого тела и уметь пропагандировать их;
- применять знания по физике твердых тел для анализа учебных и практических задач в части изменения свойств твердых тел при различных физических воздействиях;
- представлять (презентовать) результаты своей работы в виде научных текстов (тезисы, рефераты и т. п.)
- объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах. **Владеть**
- основными методами расчета физических свойств (характеристик) различных материалов позволяющими при дальнейшем обучении осваивать общепрофессиональные и специальные дисциплины;
- приемами работы со справочной литературой, стандартами, нормативными материалами;
- методиками математической обработки результатов исследований;
- навыками работы с аналитическим и научно – исследовательским оборудованием для проведения исследований физических и физико-химических свойств тел.

### **3. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры**

Учебная дисциплина «Избранные вопросы по физике твердого тела» относится к базовой части профессионального цикла. Магистранты, изучающие данную дисциплину, должны иметь базовые знания по: курсу общей физики, термодинамике и статической физике, квантовой механике. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: физика металлов, физика полупроводников, физика диэлектриков, физика кристаллизации, теория дефектов в кристаллах, контактные явления в полупроводниках.

Знания и практические навыки, полученные из дисциплины «Избранные вопросы по физике твердого тела», будут использованы магистрами при поступлении в аспирантуру по специальности «Избранные вопросы по физике твердого тела».

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины «Избранные вопросы по физике твердого тела» составляет 144 часа (4 зачетных единиц, 2 лек., 6 лаб., 127 срс.)

Продолжительность изучения дисциплины 1 семестр.

Объем контактной работы обучающихся с преподавателем по дисциплине (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся очной формы отражен в таблице 2.

Таблица 2.

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	Семестр 1	Итого
<b>Общая трудоемкость, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<i>Лекции (Л)</i>	2	2
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	6	6
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>		
<b>СРС</b>	<b>127</b>	<b>127</b>
<b>Контроль</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен)</b>	<b>Экзамен</b>	

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**5.1. Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)**

**Раздел 1. Кристаллическая структура твердых тел и ее дефекты. Механические свойства твердых тел.**

1.1. Ведение в физику твердого тела и этапы его развития. 1.2. Элементы кристаллографии и структура твердых тел .1.3. Точечные дефекты и дислокации. 1.4. Диаграмма «напряжение – деформация». 1.5. Закон Гука. 1.6. Пластичность, хрупкость, прочность, твердость. 1.7. Физические основы методов измерений характеристик твердых тел.

## **Раздел 2. Химические связи в твердых телах. Элементы квантовой физики.**

2.1. Химическая связь в кристаллах. 2.2. Основные положения квантовой физики. 2.3. Электронный газ в металлах. 2.4. Функция Ферми. Влияние температуры. 2.5. Зонная теория твердых тел. 2.6. Металлы, диэлектрики и полупроводники в свете зонной теории твердых тел.

## **Раздел 3. Металлы и диэлектрики.**

3.1. Электропроводность металлов с точки зрения классической и квантовой физики. 3.2. Зависимость электропроводности от температуры. 3.3. Контактные явления в металлах (работа выхода, контактная разность потенциалов, термопара). 3.4. Виды и строение диэлектриков. 3.5. Диэлектрики в электрическом поле. 3.6. Поляризационные явления: диэлектрическая проницаемость. Электрический пробой твердых диэлектриков. 3.7. Диэлектрики в технике.

## **Раздел 4. Полупроводники**

4.1. Собственные, донорные и акцепторные полупроводники. 4.2. Собственная и примесная электропроводность. 4.3. Температурная зависимость электропроводности от температуры. 4.4. Измерение ширины запрещенной зоны. 4.5. Электронно – дырочный переход и его практическое применение (выпрямление переменного тока, физические основы работы биполярных и полевых транзисторов). 4.6. Термоэлектрические явления в полупроводниках (эффекты Зеебека, Пельтье) и их практическое использование. 4.7. Эффект Холла.

## **Раздел 5. Магнитные свойства твердых тел.**

5.1. Природа магнетизма: пара – , диа – и ферромагнетизм. 5.2. Домены, петля гистерезиса, температура Кюри. 5.3. Характеристики магнитотвердых и магнитомягких материалов. 5.4. Ферризм. Использование магнитных материалов в компьютерной технике.

## **Раздел 6. Тепловые свойства твердых тел.**

6.1. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга – Пти. 6.2. Теория теплоемкости Эйнштейна. 6.3. Теория теплоемкости решетки по Дебаю. 6.4. Тепловое расширение твердых тел. 6.5. Диффузия в твердых телах.

## Раздел 7. Сверхпроводимость.

7.1. Эффект Мейснера. 7.2. Изотопический эффект. 7.3. Сверхпроводимость Бардика – Купера – Шриффера. 7.4. Куперовские пары. 7.5. Эффекты Джозефсона. 7.6. Высокотемпературная сверхпроводимость.

### 5.2. Структура учебной дисциплины (модуля)

Структура дисциплины по темам отражена в таблице 3

Тема (раздел) дисциплины	Итого	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
		ЛК	ПЗ	ЛР	Контроль	СРС
<b>1 семестр</b>						
1. Кристаллическая структура твердых тел и ее дефекты. Механические свойства твердых тел	15					15
2. Химические связи в твердых телах. Элементы квантовой физики.	20		2			18
3. Металлы и диэлектрики.	16					16
4. Полупроводники.	22		2			20
5. Магнитные свойства твердых тел.	20					20
6. Тепловые свойства твердых тел	22		2			20
7. Сверхпроводимость.	20	2				18
<b>Контроль</b>	9				<b>9</b>	
<b>Всего за 1 семестр</b>	<b>144</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>9</b>	<b>127</b>

**6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

<b>Раздел дисциплины</b>	<b>№ п/п</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Трудоемкость, часов</b>
Раздел 1	1	Элементы кристаллографии и структура твердых тел. Точечные дефекты и дислокации.	4
	2	Диаграмма «напряжение – деформация». Закон Гука	4
	3	Пластичность, хрупкость, прочность, твердость. Физические основы методов измерений характеристик твердых тел.	4
Раздел 2	4	Химическая связь в кристаллах. Основные положения квантовой физики	4
	5	Электронный газ в металлах. Функция Ферми. Влияние температуры.	4
	6	Зонная теория твердых тел. Металлы.	4
	7	Диэлектрики и полупроводники в свете зонной теории твердых тел.	4
Раздел 3	8	Электропроводность металлов с точки зрения классической и квантовой физики.	4
	9	Зависимость электропроводности от температуры. Контактные явления в металлах.	4
	10	Визы и строение диэлектриков. Диэлектрики в электрическом поле.	4
	11	Поляризационные явления. Диэлектрики в технике	4

Раздел 4	12	Собственные, донорные и акцепторные полупроводники	4
	13	Собственная и примесная электропроводность. Температурная зависимость электропроводности от температуры.	4
	14	Измерение ширины запрещенной зоны. Электронно – дырочный переход.	4
	15	Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффекты Зеебека и Пельтье.	4
	16	Эффект Холла	4
Раздел 5	17	Природа диамагнетизма.	4
	18	Природа парамагнетизма.	4
	19	Природа ферромагнетизма.	4
	20	Домены, петля гистерезиса, температура Кюри	4
	21	Характеристика магнитотвердых и магнитомягких материалов.	4
	22	Использование магнитных материалов в компьютерной технике. Ферромагнетизм..	4
Раздел 6	23	Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга и Пти.	4
	24	Теория теплоемкости Эйнштейна.	4
	25	Теория теплоемкости решетки по Дебаю.	4
	26	Тепловое расширение твердых тел.	4
	27	Диффузия в твердых телах	4
Раздел 7	28	Сверхпроводимость Бардина – Купера - Шриффера	7
	29	Куперовские пары	6

	30	Эффект Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость.	6
--	----	--	---

### **Домашние задания, типовые расчеты и т. п.**

Студенты получают домашнее задание для подготовки к семинарским и лабораторным занятиям. Лабораторные занятия по решению задач и семинарские занятия чередуются. Домашние задания содержат вопросы для повторения из курса общей физики, задачи и теоретические вопросы из лекционного материала, а также вопросы для самостоятельного освоения. По прохождению лекционного материала по каждому разделу, студенты получают задание в виде вопросов для подготовки к контрольным работам и тестированию.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется методами самообучения и самоконтроля в двух направлениях:

- для закрепления и углубления знаний и навыков, полученных на лекционных и лабораторных занятиях;
- для самостоятельного изучения отдельных тем и вопросов дисциплины.

Для самостоятельного изучения дисциплины выносятся большая часть материала по всем темам дисциплины с самоконтролем по контрольным вопросам.

Кроме того, для контроля самостоятельной работы на лекционных занятиях предусматриваются экспресс – опросы.

Результаты самостоятельной работы контролируются и учитываются при текущем и промежуточном контроле успеваемости обучающегося. При этом проводятся тестирование, экспресс-опрос и фронтальный опрос на семинарских и лабораторных занятиях, заслушивание докладов и сообщений по дополнительному материалу к лекциям, проверка домашних контрольных работ и т.д.

## **7. Фонд оценочных средств**

### **для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

#### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования представлен в описании образовательной программы

Компетенция	Этапы формирования	Процедура оценивания
<p>Способен проектировать основные и дополнительные образовательные программы и разрабатывать научно- методическое обеспечение их реализации (ОПК-2)</p>	<p>Знать: содержание основных нормативных документов, необходимых для проектирования ОП; сущность и методы педагогической диагностики особенностей, обучающихся; сущность педагогического проектирования; структуру образовательной программы и требования к ней; виды и функции научно-методического обеспечения современного образовательного процесса</p> <p>Уметь: учитывать различные контексты, в которых протекают процессы обучения, воспитания и социализации при проектировании ООП; использовать методы педагогической диагностики; осуществлять проектную деятельность по разработке ОП; проектировать отдельные структурные компоненты ООП</p> <p>Владеть: опытом выявления различных контекстов, в которых протекают процессы обучения, воспитания и социализации; опытом использования методов диагностики особенностей учащихся в практике; способами проектной деятельности в образовании; опытом участия в проектировании ООП</p>	<p>Устный опрос, тестирование, контрольная работа.</p>

<p>Способен проектировать организацию совместной и индивидуальной учебной и воспитательной деятельности обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями (ОПК-3)</p>	<p>Знать: основы применения образовательных технологий (в том числе в условиях инклюзивного образовательного процесса), необходимых для адресной работы с различными категориями обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями; основные приемы и типологию технологий индивидуализации обучения</p> <p>Уметь: взаимодействовать с другими специалистами в процессе реализации образовательного процесса; соотносить виды адресной помощи с индивидуальными образовательными потребностями обучающихся на соответствующем уровне образования</p> <p>Владеть: методами (первичного) выявления обучающихся с особыми образовательными потребностями; действиями (умениями) оказания адресной помощи обучающимся на соответствующем уровне образования</p>	<p>Устный опрос, тестирование, контрольная работа.</p>
---	---	--

Способен проектировать содержание и учебно-методические материалы, обеспечивающие реализацию программ по физике основного общего, среднего общего образования, профессионального обучения, дополнительного образования (ПК-2)	Знать: особенности содержания обучения физике, направления его развития и обогащения, а также специфику учебнометодического обеспечения о процесса обучения физике, нормативные требования к его организации для систем основного общего, среднего общего образования, профессионального обучения, дополнительного образования Уметь: отбирать средства и методы для организации различных видов деятельности учащихся при освоении программ обучения физике основного общего, среднего общего образования, профессионального обучения, дополнительного образования	Устный опрос, тестирование, контрольная работа.
---	--	---

### **Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций.**

Проведение лекционных и лабораторных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой студенты не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и усвоения связей с ранее освоенным материалом.

### **7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

**ОПК-2. Способен проектировать основные и дополнительные образовательные программы и разрабатывать научно- методическое обеспечение их реализации**

<b>Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)</b>	<b>Оценочная шкала</b>		
	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
Знать: основы физики твердого тела; о структуре и свойствах жидких металлов. Уметь: системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы.	Знает основной материал, но допускает неточности, при выполнении практических заданий допускает ошибки.	Знает учебный материал. Умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, но затрудняется с применением знаний, связанных с новыми нестандартными задачами. Показывает должный уровень сформированности компетенций.	Знает глубоко и прочно учебный материал, свободно отвечает на вопросы, свободно решает задачи, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических заданий, показывает должный уровень сформированности компетенций.

ОПК-3. Способен проектировать организацию совместной и индивидуальной учебной и воспитательной деятельности обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями

Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<p>Знать: об устройствах, основанных на различных видах проводимости; виды волн, распространяющихся в кристаллах; статистику носителей заряда в твердых телах.</p> <p>Уметь: определять ориентировку Кристалла по электрограмме; применять на практике экспериментальные методы для исследования физических свойств кристаллов; объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования.</p>	<p>Знает основной материал, но допускает неточности. При выполнении практических заданий допускает ошибки.</p>	<p>Знает учебный материал. Умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, но затрудняется с применением знаний, связанных с новыми нестандартными задачами. Показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>	<p>Знает глубоко и прочно учебный материал, свободно отвечает на вопросы, свободно решает задачи, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических заданий, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>

ПК-3. Способен проектировать содержание и учебно-методические материалы, обеспечивающие реализацию программ разного уровня и направленности по Физике

Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<p>Знать: взаимосвязь между кристаллическим и электронным строением и физическими свойствами полупроводников и металлов.</p> <p>Уметь: самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики твердого тела.</p>	<p>Знает основной материал, но допускает неточности. При выполнении практических заданий допускает ошибки.</p>	<p>Знает учебный материал. Умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, но затрудняется с применением знаний, связанных с новыми нестандартными задачами. Показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>	<p>Знает глубоко и прочно учебный материал, свободно отвечает на вопросы, свободно решает задачи, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических заданий, показывает должный уровень сформированности компетенций.</p>

**7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**  
**Текстовые задания для рубежного контроля**

**1. Чем обусловлено появление сил притяжения между атомами в ковалентных кристаллах:**

- а) электростатическим взаимодействием ионных остовов;
- б) диполь-дипольным взаимодействием;
- в) принципом Паули, в силу которого электроны перекрывающихся оболочек переходят на уровень с более высокой энергией;
- г) уменьшением кинетической энергии валентных электронов;
- д) перекрытием электронных оболочек.

**2. В молекулярных кристаллах частицы удерживаются вместе:**

- а) принципом Паули;
- б) участием в образовании связи электронов с антипараллельными спинами;
- в) кулоновскими силами притяжения ионов;
- г) перекрытием электронных оболочек;
- д) наведенным диполь-дипольным взаимодействием.

**3. Какое из следующих выражений соответствует условию дифракции Брэгга в обратном пространстве:**

- а)  $2d \sin \theta = n\lambda$ ;
- б)  $G^{\rightarrow} = ha^{\rightarrow*} + kb^{\rightarrow*} + lc^{\rightarrow*}$ ;
- в)  $\vec{C} \cdot \Delta^{\rightarrow\rightarrow\rightarrow} k^{\rightarrow} = 2al$ ;
- г)  $2k^{\rightarrow}G^{\rightarrow} + G^2 = 0$ ;
- д)  $|G^{\rightarrow}| = 2\pi/d_{hkl}$ .

**4. Определите отрезки отсекаемые на осях решетки плоскостью (125):** а)  $m = 10, n = 5, p = 2$ ;

- б)  $m = 5, n = 10, p = 2$ ;
- в)  $m = 5, n = 2, p = 10$ ;
- г)  $m = 2, n = 10, p = 5$ ;
- д)  $m = 2, n = 3, p = 10$ .

**5. Каков порядок энергии связи в молекулярных кристаллах:** а) 0,01 - 0,3эВ;

- б) 5 - 10эВ;
- в) 1- 3эВ;
- г) 0,5 - 1эВ;
- д) 2 - 5эВ

**6. Какие из плоскостей с индексами (110), (001), (011), (010), (100), (111) являются плоскостями граней кубического кристалла:**

- а) (001),(011),(111),(110);
- б) (111),(001),(110),(010);
- в) (111),(001),(100),(010);
- г) (010),(011),(111),(001);
- д) (001), (100), (010), (100).

**7. Найти индексы плоскостей, проходящих через узловые точки кристаллической решетки с координатами 9 10 30, если  $a = 3$ ,  $b = 5$ ,  $c = 6$ : а) (6 5 3);**

- б) (6 10 15);
- в) (10 15 6);
- г) (3 5 6);
- д) (6 10 12).

**8. Чему равно расстояние между плоскостями (111) в кубической решетке с параметром  $a$ : а)  $a$ ;**

- б)  $a/\sqrt{2}$ ;
- в)  $2a$ ;
- г)  $a/\sqrt{3}$ ;
- д)  $3/2a$ .

**9. Связь между атомами в металлах в значительной степени обусловлена:**

- а) уменьшением кинетической энергии валентных электронов по сравнению с кинетической энергией электронов в свободном атоме;
- б) перекрытием электронных оболочек атомов;
- в) электростатическим притяжением ионов разного знака;
- г) участием в образовании связи электронов с антипараллельными связями;
- д) электростатическим отталкиванием перекрывающихся электронных облаков.

**10. Какой угол составляет вектор Бюргерса с осью краевой дислокации? а)  $120^\circ$ ;**

- б)  $90^\circ$ ;
- в)  $60^\circ$ ;
- г)  $45^\circ$ ;
- д)  $0^\circ$ .

**11. Какой угол составляет вектор Бюргерса с осью винтовой дислокации? а)  $120^\circ$ ;**

- б)  $90^\circ$ ;
- в)  $60^\circ$ ;
- г)  $45^\circ$ ;
- д)  $0^\circ$ .

**12. Как зависит количество дислокаций от температуры:**

- а) не зависит;
- б) убывает экспоненциально ( $\sim \exp(-E_d/K_0T)$ );
- в) возрастает экспоненциально ( $\sim \exp(-E_d/K_0T)$ );
- г) возрастает пропорционально температуре;
- д) убывает пропорционально температуре.

**13. Как изменится плотность кристалла при образовании дефектов по Френкелю:** а) плотность не изменяется;

- б) из-за увеличения массы при постоянном объеме плотность увеличивается;
- в) из-за уменьшения массы кристалла при постоянном объеме плотность уменьшается;
- г) из-за увеличения объема кристалла при постоянной массе плотность уменьшается;
- д) из-за уменьшения объема кристалла при постоянной массе плотность увеличивается.

**14. Во сколько раз увеличится концентрация дефектов Шотки при увеличении температуры вдвое:**

- а)  $\frac{n_2}{n_1} = e^{\frac{2E_v}{K_0T_1}}$  ;
- б)  $\frac{n_2}{n_1} = e^{\frac{-2E_v}{K_0T_1}}$  ;
- в)  $\frac{n_2}{n_1} = e^{\frac{-E_v}{K_0T_1}}$  ;
- г)  $\frac{n_2}{n_1} = e^{\frac{-E_v}{2K_0T_1}}$  ;
- д)  $\frac{n_2}{n_1} = e^{\frac{E_v}{2K_0T_1}}$  .

**15. Как изменится плотность кристалла при образовании дефектов по Шотки:**

- а) из-за уменьшения массы кристалла при постоянном объеме плотность уменьшается;
- б) из-за увеличения массы при постоянном объеме плотность увеличивается;
- в) из-за увеличения объема кристалла при постоянной массе плотность уменьшается; г) плотность не изменяется;
- д) из-за уменьшения объема кристалла при постоянной массе плотность увеличивается.

**16. Закон Гука в обобщенном виде:**

- а)  $F_i = -kx_i$ ;
- б)  $\sigma_i = E \cdot \varepsilon_i$ ;
- в)  $\sigma_{iklm} = C_{iklm}\varepsilon_{lm}$ .

**17. Вероятность заполнения электронами при комнатной температуре энергетического уровня, лежащего на 0,1эВ выше уровня Ферми, равна:** а) 1,0;

- б)  $1,8 \cdot 10^{-2}$ ;
- в)  $1,5 \cdot 10^{-4}$ ;
- г) 0,5;
- д) 0,8.

**18. Коллективные возбуждения электронов в металлах называются:** а) фононами;

б) поляронами;

в) магнонами;

г) экситонами;

д) плазмонами.

**19. Кванты энергии спиновых волн называются:**

а) фононами;

б) фотонами;

в) магнонами;

г) экситонами;

д) плазмонами.

**20. Какое из приведенных выражений соответствует функции распределения Ферми – Дирака:**

а)  $f(\varepsilon) = \frac{1}{E_F - E_V}$ ;

б)  $f(T) = \frac{1}{E - E_F} \frac{1}{e^{k_0 T} + 1}$ ;

в)  $f(\varepsilon) = A \cdot e^{-\frac{E - E_F}{k_0 T}}$ ;

г)  $f(\varepsilon) = e^{k_0 T}$ ;

д)  $f(E) = \frac{1}{h\omega} \frac{1}{e^{k_0 T} - 1}$ .

**21. В соответствии с зонной теорией твердые тела относятся к металлам, если:**

а) кристалл самопроизвольно разбивается на магнитные домены;

б) последняя зона, в которой есть электроны, заполнена частично, либо валентная зона заполнена электронами полностью, но она перекрывается со следующей разрешенной зонной, незанятой электронами;

в) эффективная масса электрона в кристалле меньше массы свободного электрона;

г) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой (>2–3эВ) запрещенной зонной;

д) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны узкой (<2–3эВ) запрещенной зонной.

**22. Какое из приведенных выражений соответствует теплоемкости решетки при низких температурах по модели Дебая:**

а)  $C = 3Nk_0$ ;

б)  $C = 3Nk_0 \left( \frac{\hbar\omega}{k_0 T} \right)^2 e^{-\frac{\hbar\omega}{k_0 T}}$ ;

в)  $C = \frac{\pi^2}{2} Nk_0 \left( \frac{k_0 T}{E_F} \right)$ ;

$$\text{г) } C = \frac{12}{5} \pi^4 N k_0 \left( \frac{T}{\theta} \right)^3;$$

$$\text{д) } C = \frac{9}{2} N k_0.$$

**23. Физический смысл температуры Дебая  $\theta_D$  в том, что при этой температуре:**

а) тепловая энергия  $k_0\theta_D$  равна средней энергии одного кванта колебаний решетки;

б) тепловая энергия  $k_0\theta_D$  равна максимальной энергии одного кванта колебаний решетки;

в) тепловая энергия  $k_0\theta_D$  равна минимальной энергии одного кванта колебаний решетки;

г) частота  $\omega_D = \frac{k_0\theta_D}{\hbar}$  имеет порядок минимальной частоты фононов.

**24. Электронная поляризуемость имеет вид:**

$$\text{а) } \alpha_e = RE;$$

$$\text{б) } \alpha_e = \varepsilon_0 \cdot E^2;$$

$$\text{в) } \alpha_e = \frac{\bar{P}}{E};$$

$$\text{г) } \alpha_e = \frac{\varepsilon_0}{E^2};$$

$$\text{д) } \alpha_e = 4\pi\varepsilon_0 R^3.$$

**25. Диэлектрическая среда характеризуется:**

а) отсутствием проводимости и свободных зарядов;

б) отсутствием свободных зарядов;

в) наличием свободных зарядов, но отсутствием проводимости;

г) наличием проводимости и отсутствием свободных зарядов.

**26. Вектор электрического смещения в поляризованных диэлектриках:** а)  $D = \varepsilon_0 E$ ;

$$\text{б) } D = \varepsilon_0 \varepsilon E$$

$$\text{в) } D = E + 4\pi P;$$

$$\text{г) } D = 4\pi P - E;$$

$$\text{д) } D = B - 4\pi P.$$

**27. Для электростатического поля в диэлектриках:**

$$\text{а) } \text{rot} E = 0; \text{div} E = 4\pi \bar{\rho};$$

$$\text{б) } \text{rot} E = -\frac{\partial B}{\partial t}; \text{div} E = \bar{\rho};$$

$$\text{в) } \text{div} \bar{\rho} = E;$$

$$\text{г) } \text{div} \bar{\rho} = E; \text{rot} E = 0;$$

$$\text{д) } \text{div} \rho = -\frac{\partial B}{\partial t}; \text{rot} E = 0.$$

**28. При поляризации диэлектрика вектор поляризации:**

а) вектор поляризации направлен по вектору внутреннего поля;

б) направлен против поляризованного поля;

в) перпендикулярен вектору внешнего поля;

г) направлен по направлению внешнего поля;

29. В однородном электрическом поле с  $\vec{E}_0$ , поле внутри диэлектрической пластинки будет равно:

а)  $\vec{E}_2 = -4\pi P$ ;

б)  $\vec{E}_2 = E_0^2 - 4\pi P$ ;

в)  $\vec{E}_2 = E_0 + 4\pi P$ ;

г)  $\vec{E}_2 = \vec{E}_0 + 4\pi P^2$ ;

д)  $\vec{E}_2 = \vec{E}_0 - 4\pi P$ .

30. Сегнетоэлектрики – это диэлектрики, у которых зависимость  $P(E)$  имеет: а) линейный характер;

б)  $P$  от  $E$  независим;

в) экспоненциальный характер;

г) квадратичный характер;

д) гистерезисный характер.

31. Диэлектрики эти вещества, у которых:

а) плохая проводимость, но плохая экранировка;

б) плохая проводимость, но хорошая экранировка;

в) большая концентрация свободных носителей и хорошая экранировка;

г) незначительная концентрация свободных носителей, но высокая степень экранировки.

32. Пропорциональность вектора поляризации  $P$  электрическому полю  $E$  выражает формулой: а)

$$P = \chi E;$$

б)  $P = 1 + \chi E$ ;

в)  $\bar{P} = \frac{\bar{E}}{\chi}$ ;

г)  $P = \chi E_2$ ;

д)  $P = \chi E^2$ .

### Контрольные вопросы

1. Кристаллическая решетка, базис, кристаллическая структура.
2. Элементарная ячейка, основные типы кристаллических решеток.
3. Точечная симметрия кристаллов, основные элементы симметрии.
4. Кристаллографическая система координат, кристаллографические символы узлов, прямых, плоскостей.
5. Закон Брэгга, условия дифракции Лауэ, вектор рассеяния.
6. Классификация твердых тел по типу связи.
7. Взаимодействие атомов в двухатомной молекуле, энергия связи кристалла.

8. Молекулярные кристаллы.
9. Ионные кристаллы, постоянная Маделунга.
10. Ковалентные кристаллы, относительная ионность связи.
11. Классификация дефектов.
12. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Френкелю и Шоттки).
13. Линейные и винтовые дислокации.
14. Зависимость физических свойств от дефектности кристалла.
15. Квантовая статистика Ферми – Дирака.
16. Концентрация носителей заряда для собственного и примесного полупроводника.
17. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга – Пти.
18. Теория теплоемкости Эйнштейна.
19. Тепловое расширение твердых тел.
20. Диффузия в твердых телах.
21. Заполнение зон электронами (металлы, диэлектрики и полупроводники).
22. Полярные и неполярные диэлектрики в электрическом поле.
23. Поляризуемость диэлектриков.
24. Свободный электронный газ.
25. Электропроводность и закон Ома.
26. Разрешенные и запрещенные энергетические зоны.
27. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в полупроводнике.
28. Металл, диэлектрик, полупроводник: зонная структура, энергетические диаграммы.
29. Эквивалентная схема и характеристики диода на основе p-n перехода.
30. Основные режимы работы биполярного транзистора.
31. Физические процессы в различных областях биполярного транзистора.
32. Гальваномагнитный эффект Холла.
33. Термоэлектрический эффект Пельтье.
34. Термоэлектрический эффект Зеебека.
35. Диамагнетизм.
36. Парамагнетизм.
37. Ферромагнетизм.
38. Ферромагнетики в технике.
39. Ферромагнитные домены.
40. Причины появления доменов. Доменные границы.
41. Антиферромагнетики.
42. Ферримагнетики.
43. Магнитная структура ферримагнетиков.
44. Критическая температура.
45. Критическое поле и критический ток.
46. Эффект Мейснера.

47. Эффект Джозефсона.
48. Куперовское спаривание

### Экзаменационные вопросы

1. Элементарная ячейка. Решетки Браве: простая, базоцентрированная, объемноцентрированная, гранецентрированная.
2. Индексы Миллера для узла, направлений и плоскостей кристалла.
3. Симметрия кристаллов. Элементы симметрии кристаллов. Точечные и пространственные группы симметрии.
4. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Вульфа-Брэгга
5. Типы связей атомов в твердых телах.
6. Соотношение различных типов связи в кристаллах.
7. Механическое напряжение в твердом теле. Тензор механических напряжений.
8. Деформация твердых тел. Основные виды деформаций. Тензор деформаций.
9. Диаграмма деформации. Пределы упругости, текучести и прочности твердых тел
10. Закон Гука для изотропных твердых тел.
11. Пластические свойства кристаллов
12. Скалывающее напряжение как характеристика процесса пластической деформации. Влияние дислокаций на процесс скольжения атомных слоев в кристаллах.
13. Упрочнение кристаллов. Методы упрочнения кристаллов
14. Влияние характера сил связи на упругие и пластические свойства кристаллов
15. Хрупкое разрушение твердых тел.
16. Понятие электронного газа. Невырожденный и вырожденный электронный газ. Критерий вырождения
17. Классическая и квантовая статистики. Функция распределения и плотность состояний электронов.
18. Функция распределения Максвелла - Больцмана.
19. Функция распределения Ферми-Дирака и ее зависимость от температуры.
20. Уровень Ферми
21. Разрешенные и запрещенные энергетические зоны. Валентная зона и зона проводимости кристалла. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
22. Примесные энергетические уровни. Акцепторные и донорные уровни. Понятие о дырках.
23. Теплоемкость твердых тел. Закон Дебая. Закон Дюлонга-Пти.
24. Движение электрона в твердом теле под действием внешнего электрического поля
25. Понятия длины свободного пробега, времени релаксации и подвижности носителей заряда. Электропроводность твердых тел. Классификация твердых тел по электропроводности. Удельное сопротивление.

26. Причины возникновения электрического сопротивления. Связь электропроводности и теплопроводности. Закон Видемана – Франца – Лоренца.
27. Электропроводность металлов и ее зависимость от температуры
28. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Зависимость подвижности носителей заряда и проводимости полупроводников от температуры
29.  $p-n$  – переход. Электрическое смещение  $p-n$  перехода в прямом и обратном направлениях. Выпрямляющее действие  $p-n$  перехода. ВАХ  $p-n$  перехода
30. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера
31. Основы микроскопической теории сверхпроводимости. Теория Бардина – Купера – Шриффера.
32. Притяжение электронов. Образование куперовских пар.
33. Эффект Джозефсона
34. Закон Кюри-Вейсса
35. Основные типы магнетиков.
36. Природа диа - и парамагнетизма. Закон Кюри. Постоянная Кюри.
37. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Ферромагнитные домены

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Результаты формирования компетенций по дисциплине оцениваются по балльно-рейтинговой системе.

Всего по дисциплине студент может набрать 100 баллов (или более с учетом бонусных баллов), из которых 20 баллов составляют баллы за посещаемость, 50 – за активность и 30 студент получает на зачете или на экзамене.

Всего по дисциплине предусмотрено два модуля. Для расчета баллов, полученных студентом за модуль и итогового рейтинга с учетом трудоемкости дисциплины, включенной в учебный план, показатели (по посещению, активности, рубежного контроля) перемножаются на соответствующие коэффициенты. Данные коэффициенты определяются отдельно для каждого модуля следующим образом:

**Коэффициент посещения -  $K_{\text{посещ.}}=10/ N_{\text{зан.}}$**

**Коэффициент активности -  $K_{\text{актив.}}=25/ N_{\text{актив.}}$**

**Где:**

$N_{\text{зан.}}$  – количество занятий (пар) по дисциплине в данном модуле;

$N_{\text{актив.}}$  – максимальное количество баллов, которое может набрать студент на занятиях (практических, семинарских, лабораторных) в данном модуле + баллы, полученные на рубежном контроле.

Баллы, полученные студентами, заносятся в журнал БРС сразу после окончания занятия, во время которого эти баллы были получены.

**Оценка на промежуточном контроле (зачет, экзамен) выставляется по результатам баллов, полученным студентом в сумме обоих модулей по следующей таблице**

Набранные студентом баллы	Оценка на промежуточном контроле, если дисциплина завершается экзаменом (зачетом с оценкой)	Оценка на промежуточном контроле, если дисциплина завершается зачетом
от 0 до 50	неудовлетворительно	не зачтено
от 51 до 64	удовлетворительно	зачтено
от 65 до 74	хорошо	
от 75 до 100	отлично	

Для процедуры оценивания используются тесты, контрольные работы.

Наиболее способным студентам преподаватель рекомендует специальную научную разработку отдельных тем и проблем курса в рамках работы кафедрального кружка студенческого научного общества с последующими выступлениями на ежегодных научных конференциях университета.

*Тестирование:* на практических занятиях реализуется **тестирование** студентов с целью контроля результатов их самостоятельной работы по усвоению основных понятий и тем курса.

***Оценка работы с тестовыми заданиями:***

0- 20 % правильных ответов оценивается как «неудовлетворительно»; 30-50% - «удовлетворительно»; 60-80% - «хорошо»; 80-100% – «отлично».

***Система оценки ответа студента на экзамене:***

Оценка за каждый вопрос и итоговая оценка выставляется в 4-х бальной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". При этом:

Оценка "отлично" выставляется при глубоком и всестороннем знании материала учебной программы, грамотном и логически стройном его изложении, умении на основе теоретических знаний решать практические задачи.

Оценка "хорошо" выставляется при твердом и достаточно полном знании материала учебной программы, отсутствии существенных неточностей при его изложении и в ответах на вопросы, умении решать практические задачи.

Оценка "удовлетворительно" выставляется при наличии неточностей в знании основного материала, при допущении ошибок при выполнении практических заданий.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется при незнании основных вопросов экзаменационного билета или наличии грубых ошибок в ответах на них, неумении на основе теоретических знаний решать практические задачи.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **8.1. Основная учебная литература**

1. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979.
2. Г.И. Епифанов. Физика твердого тела. М., 1977.
3. Б.Н. Бушманов, Ю.А. Хромов. Физика твердого тела. М., 1971.
4. П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. Физика твердого тела. М., 1985.
5. З.У. Уэрт, Р. Томсон. Физика твердого тела. М.: Мир, 1963.
6. К.В. Шалимова. Физика полупроводников. М.: Энергия, 1976.
7. Г.С. Жданов. Физика твердого тела. М., 1961.
8. Г.А. Кашенко. Основы металловедения. Л.: Машгиз, 1956.
9. В. А. Гольдаде, Л. С. Пинчик. Физика конденсированного состояния. Минск, 2009.
10. Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. Физика конденсированного состояния. М.: Бином, 2011

### **8.2. Дополнительная литература.**

1. Маделунг О. Теория твердого тела. М., Наука, 1980.
2. А. Келли, Г. Гровс. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М.: Мир, 1974.
3. У. Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Физматгиз, 1963.
4. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
5. Кацнельсон А. А. Введение в физику твердого тела. М.:Изд-во МГУ, 1984.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1) Википедия <http://ru.wikipedia.org/физика> Избранные вопросы по физике твердого тела [http://ru.wiki/wiki/Избранные вопросы по физике твердого тела](http://ru.wiki/wiki/Избранные_вопросы_по_физике_твердого_тела)
- 2) Открытое образование – Избранные вопросы по физике твердого тела <https://openedu.ru/course/urfu/ELECD/>
- 3) Лекции по физике твердого тела <http://www.twirpx.com/file/6059/>

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

Для изучения курса студентам необходимо использовать лекционный материал, учебники и учебные пособия из списка литературы, статьи из периодических изданий, ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Кроме того, целесообразно использовать следующие методические материалы:

1. Варианты контрольных работ и тестов.
2. Задачи для практических занятий самостоятельной работы
3. Раздаточный материал для практических занятий.
4. Задания для промежуточного и текущего контроля знаний студентов.

5. Электронную базу данных по дисциплине.

6. Рабочие тетради студентов.

Для теоретического и практического усвоения дисциплины большое значение имеет самостоятельная работа студентов, которая может осуществляться студентами индивидуально и под руководством преподавателя.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, направлена на более глубокое усвоение изучаемого курса, формирование навыков исследовательской работы и ориентирование студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Для успешного освоения учебного материала курса «Физические основы конденсированного состояния вещества» требуются систематическая работа по изучению лекций и рекомендуемой литературы, подготовка домашних заданий и выполнения контрольных работ, а также активное участие в работе практических занятий.

Показателем освоения материала служит успешное решение задач предлагаемых домашних контрольных работ и выполнение аудиторных самостоятельных и контрольных работ.

В качестве оценочных средств программой дисциплины предусматривается:

текущий контроль (аудиторные контрольные работы, домашние задания).

промежуточный контроль.

*Формы текущего, промежуточного и итогового контроля.*

*Текущий контроль:*

- Самостоятельные работы
- Индивидуальные задания
- Опрос студентов

*Промежуточный контроль:*

- Контрольная работа по курсу *Итоговый контроль:* - экзамен

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

1. Электронная библиотека курса, конспекты лекций, задания для практических занятий и самостоятельной работы, варианты тестовых заданий для проверки текущих и остаточных знаний студентов, варианты заданий для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся
2. Компьютерное и мультимедийное оборудование ДГПУ.
3. Методические рекомендации по изучению дисциплины.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для проведения лекционных и практических занятий имеются аудитории, оснащенные всей необходимой мебелью и инвентарем. Для отдельных занятий аудитории оснащены проектором, ноутбуком и интерактивным экраном для демонстрации слайдов и т.п.

## АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины

Дисциплина «**Избранные вопросы по физике твердого тела**» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы магистрата по направлению 44.04.01 Педагогическое образование, магистерская программа «Физическое образование и робототехника».

Дисциплина реализуется на факультете математики, физики и информатики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением разделов: **Кристаллическая структура твердых тел** и ее дефекты. Механические свойства твердых тел. **Химические связи в твердых телах. Элементы квантовой физики.** Металлы и диэлектрики. Полупроводники. Магнитные свойства твердых тел. Тепловые свойства твердых тел. Сверхпроводимость.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных ОПК-2, ОПК-3, профессиональные ПК-3.

В рабочей программе дисциплины предусмотрено проведение:

- учебных занятий в виде лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы;
- контроль успеваемости в форме - экзамена.

Объем дисциплины зачетных единицах ЗЕТ-4, в академических часах -144 часа.

Трудоемкость видов учебной работы приведена в таблице.

### Виды учебной работы и их трудоемкость

Форма обучения	Семестр	Трудоемкость	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лаб. занятия (час)	СРС (час)	Контроль	Итоговая аттестация
Заочная	1	144	2	6	-	127	9	Экзамен