

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю

Декан физико-математического факультета



Федорова Н.Б.

«31» августа 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ПОЛУПРОВОДНИКОВ»**

Уровень основной образовательной программы – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки – 03.06.01 «Физика и астрономия»

Направленность (профиль) – «Физическая электроника»

Форма обучения – очная

Срок освоения ООП – **нормативный (4 года)**

Факультет (институт) – **физико-математический**

Кафедра – общей и теоретической физики и МПФ

Язык преподавания – русский

Рязань, 2020

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

### 1. Цели освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика твердого тела и полупроводников» являются формирование у обучающихся компетенций, установленных ФГОС ВПО, по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», профиль «Физическая электроника»

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО аспирантуры

2.1. Дисциплина «Физика твердого тела и полупроводников» относится к вариативной части профессионального цикла (Б1.В.ДВ.2.1).

2.2. Для изучения данной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и владения, формируемые предшествующими дисциплинами: физическая электроника, эмиссионная электроника по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль «Физическая электроника».

#### – Физическая электроника

Знания: основных физических понятий и законов физической электроники; основных типов электронных приборов и устройств, области их применения; классификации материалов по составу, свойствам и техническому назначению; механических, электрических, магнитных и оптических свойств; свойств и методов получения нанокompозитных материалов;

Умения: выполнять расчет основных параметров конкретных изделий и технологических процессов их изготовления; выполнять измерения и экспериментальные исследования различных приборов физической электроники;

Владение: методами исследования, проектирования и проведения экспериментальных работ в области физической электроники, навыками технической эксплуатации наукоемкого аналитического (атомно-силовая, электронная и микронзондовая микроскопия и др.) и технологического (вакуумные установки напыления и др.) оборудования.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
ОПК- 1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных техно-	Знать методы и проблематику современной физики твердого тела и полупроводников Уметь в процессе анализа профессиональных задач выделять проблематику физики твердого тела и полупроводников Владеть навыками анализа профессиональных задач на основе представлений физики твердого тела и полупроводников

логий	
ПК-1 способность самостоятельно использовать фундаментальные законы природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности	Знать основные законы физики твердого тела и полупроводников и их значение для физической электроники Уметь применять законы и методы физики твердого тела и полупроводников для решения профессиональных задач Владеть навыками решения задач с использованием методов физики твердого тела
ПК-3 способность самостоятельно работать в глобальных информационных сетях, применять и использовать новые знания в области физики и астрономии, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий	Знать основные глобальные источники информации по физике твердого тела и полупроводников, базы данных Уметь находить и применять современную информацию Владеть современным информационными технологиями в области физики твердого тела
ПК-4 способность самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники	Знать основное оборудование, применяемое при исследованиям в области физики твердого тела Уметь работать с профессионально-значимым оборудованием Владеть опытом работы на профессиональном оборудовании

### *Карта компетенций дисциплины*

#### « Физика твердого тела и полупроводников»

##### Название дисциплины

Цель	<ul style="list-style-type: none"> <li>- формирование компетенций в соответствии с требованиями ФГОС и ОПОП вуза по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность (профиль) Физическая электроника.</li> <li>- изучение основных физических понятий, принципов и законов физики твердого тела и полупроводников;</li> <li>- выполнять расчеты физических параметров; выполнять измерения и экспериментальные исследования различных типов твердых тел и полупроводников;</li> <li>- изучение методов исследования и проведения экспериментальных работ в области физика твердого тела и полупроводников с применением компьютерных технологий</li> </ul>
Задачи	Сформировать у студентов представления о проблемах физики твердого тела и полупроводников и их применения в различных отраслях науки и техники.

В процессе освоения данной дисциплины обучающийся формирует и демонстрирует следующие

#### *Универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции*

Компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ОПК- 1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-	Знать методы и проблематику современной физики твердого тела и полупроводников Уметь в процессе анализа профессиональных задач выделять проблематику физики твердого тела и полупроводников Владеть навыками анализа профессиональных за-	Путем проведения практических занятий, организации самостоятельной работы	зачет	пороговый ориентируется в современной научной проблематике и методологии повышенный Умеет вычленять из общей проблематики и методологии вопросы физики твердого тела

	коммуникационных технологий	задач на основе представлений физики твердого тела и полупроводников			
ПК-1	способность самостоятельно использовать фундаментальные законы природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности	Знать основные законы физики твердого тела и полупроводников и их значение для физической электроники Уметь применять законы и методы физики твердого тела и полупроводников для решения профессиональных задач Владеть навыками решения задач с использованием методов физики твердого тела	Путем проведения практических занятий, организации самостоятельной работы	зачет	пороговый знает основные законы и закономерности физики твердого тела и полупроводников и умеет применять их для решения простых профессиональных задач повышенный Способен самостоятельно применять методы и законы физики твердого тела и полупроводников для решения профессиональных задач
ПК-3	способность самостоятельно работать в глобальных информационных сетях, применять и использовать новые знания в области физики и астрономии, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий	Знать основные глобальные источники информации по физике твердого тела и полупроводников, базы данных Уметь находить и применять современную информацию Владеть современным информационными технологиями в области физики твердого тела	Путем проведения практических занятий, организации самостоятельной работы	зачет	пороговый ориентируется в информационном поле по физике твердого тела и полупроводников, способен найти и применить необходимую информацию повышенный способен самостоятельно найти, оценить и применить информацию в обла-

					сти физики твердого тела и полупроводников
ПК-4	способность самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники	Знать основное оборудование, применяемое при исследованиях в области физики твердого тела Уметь работать с профессионально-значимым оборудованием Владеть опытом работы на профессиональном оборудовании	Путем проведения практических занятий, организации самостоятельной работы	зачет	пороговый ориентируется в современном физическом научном оборудовании, применяемом при исследованиях в области физики твердого тела повышенный Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования в области физики твердого тела

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

#### **1.1. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах**

с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часов, из которых 11,15 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (11 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 0,15 часа мероприятия промежуточной аттестации), 60,85 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

#### **1.2. Формат обучения**

Дисциплина реализуется в форме очного обучения на базе РГУ имени С.А. Есенина.

## 2. Содержание дисциплины (модуля)

структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий **Физика твердого тела и полупроводников**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе									
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Мероприятия промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Научно-исследовательские задания	...	Всего
Тема1. Введение	<b>23</b>		3				<b>3</b>	10	10		<b>20</b>
Тема 2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках	<b>24</b>		4				<b>4</b>	10	10		<b>20</b>
Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках	<b>24,85</b>		4				<b>4</b>	10	10,85		<b>20,85</b>
промежуточная аттестация	<b>0,15</b>					0,15	<b>0,15</b>				
<b>Итого</b>	<b>72</b>		<b>11</b>			<b>0,15</b>	<b>11,15</b>	<b>30</b>	<b>30,85</b>		<b>60,85</b>



### *2.1. Тематика лекционных занятий*

Не предусмотрены

### *2.2. Тематика практических занятий – 11 часов*

1. Характер и величина электропроводности твердых тел и полупроводников. Уравнение Шредингера для кристалла, одноэлектронное приближение, зоны
2. Статистика электронов и дырок в твердом теле
3. Кинетические явления в полупроводниках
4. Изучение электропроводности на примере полупроводников
5. Измерение типа носителей методом термоэдс
6. Фотопроводимость терморезисторов
7. Температурная зависимость электропроводности

### *2.3. Тематика лабораторных занятий*

Не предусмотрены

## ***Содержание дисциплины***

### ***Тема 1. Введение***

Классификация веществ по характеру и величине электропроводности. Краткий обзор развития физики полупроводников, значение полупроводниковых материалов в современной науке и технике. Уравнение Шредингера для электронов в изолированном атоме, энергетический спектр электронов в атоме. Уравнение Шредингера для кристалла, одноэлектронное приближение. Зоны разрешенных значений энергии электрона в кристалле. Движение носителей заряда в кристалле под действием электрического поля, понятие эффективной массы, физический смысл эффективной массы. Связь энергии носителей заряда с эффективной массой. Плотность квантовых состояний в разрешенных зонах. Зонная структура некоторых полупроводников (германий, кремний, арсенид галлия). Элементарная теория примесных состояний.

### ***Тема 2. Статистика электронов и дырок в твердом теле***

Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Концентрации электронов и дырок в разрешенных зонах и на примесных состояниях. Уравнение электронейтральности. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей заряда в полупроводнике, легированном одним типом примеси. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники. Перераспределение носителей заряда в компенсированных полупроводниках.

### ***Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках***

Общая характеристика кинетических явлений в твердом теле. Элементарная теория электропроводности, понятие дрейфовой скорости и дрейфовой подвижности носителей заряда. Температурная зависимость подвижности и электрической проводимости при различных механизмах рассеяния носителей заряда. Эффект Холла в полупроводниках с одним типом примеси. Магниторези-

тивный эффект. Термоэлектрические явления (термоэдс, эффекты Пельтье и Томсона).

### 3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТА.

#### 3.1. Виды СРС.

№ семестра	№ темы	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
4	1	<b>Классификация твердых тел по электропроводности Зонная модель и ее недостатки</b>	<p>Выполнение заданий при подготовке к контрольным работам, тестированию и т.д.</p> <p>Работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями)</p> <p>Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы</p> <p>Выполнение индивидуальных домашних заданий (подготовка докладов, рефератов и т.д.)</p> <p>Выполнение научно-исследовательской работы, подготовка к конференциям)</p>	20
	2	<b>Статистика фермионов и бозонов</b>	<p>Выполнение заданий при подготовке к контрольным работам, тестированию и т.д.</p> <p>Работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями)</p> <p>Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы</p> <p>Выполнение индивидуальных домашних заданий (подготовка докладов, рефератов и т.д.)</p> <p>Выполнение научно-исследовательской работы, подготовка к конференциям)</p>	20
	3	<b>Кинетические явления в полупроводниках</b>	<p>Выполнение заданий при подготовке к контрольным работам, тестированию и т.д.</p> <p>Работа со справочными материалами (словарями, энциклопедиями)</p> <p>Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы</p> <p>Выполнение индивидуальных домашних заданий (подготовка докладов, рефератов и т.д.)</p> <p>Выполнение научно-исследовательской работы, подготовка к конференциям)</p>	20,85
<b>ИТОГО в семестре</b>				<b>60,85</b>

#### 3.4. Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы аспиранта:

Задачами указанных форм учебной деятельности являются: формирование умений самостоятельной работы аспирантов с источниками литературы, их систематизация; развитие навыков логического мышления; углубление теоретических знаний по проблеме исследования.

3.4.1. Реферат – это краткое изложение в письменном виде содержания и результатов индивидуальной учебно-исследовательской деятельности, имеет регламентированную структуру, содержание и оформление.

Реферат оформляется в виде письменной работы по каждой теме дисциплины. Объем 12–15 машинописных страниц. Структура: титульный лист, план, введение, основная часть, заключение, библиография. Предоставляется на кафедру уголовного права и процесса.

Текст реферата должен содержать аргументированное изложение определенной темы. Реферат должен быть структурирован (по главам, разделам, параграфам) и включать разделы: введение, основная часть, заключение, список используемых источников. В зависимости от тематики реферата к нему могут быть оформлены приложения, содержащие документы, иллюстрации, таблицы, схемы и т.д. Критериями оценки реферата являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

3.4.2. ИДЗ оформляется в виде письменной работы по каждой теме дисциплины. Объем 5–6 машинописных страниц. Структура: титульный лист, текст выполнения задания, список использованных источников. Предоставляется на кафедру.

**3.5. Оценка выполнения самостоятельной работы аспиранта (критерии).**

Письменные работы аспиранта по каждой теме дисциплины оцениваются преподавателем, ведущим дисциплину, в форме:

- устного собеседования по проблемам темы;
- зачет/не зачет (реферат, ИДЗ, решение и составление задач).

**3.6. Рекомендации по организации самостоятельной работы и выполнению заданий**

1. Изучение литературы предполагает ознакомление с предложенными по теме источниками, заинтересовавшими аспиранта, использование их материалов в подготовке к ответам на вопросы, вынесенные на практические занятия. Анализ различных авторских позиций, формирование собственного мнения и аргументации по спорным вопросам.

2. Рефераты следует готовить, используя несколько литературных источников, в которых исследуемые проблемы описываются разными авторами. Обязательно следует утвердиться в собственном мнении на решение той или иной проблемы и подготовить надлежащую аргументацию на него.

3. Задачи (компонент ИДЗ) следует решать с указанием статей УК, на которые опирается аспирант, правильно аргументировав это решение.

4. Рекомендуется конспектировать по каждой теме спорные проблемы с указанием позиций по ним отдельных авторов.

5. К зачету следует готовиться исходя из тех же вопросов, которые определены в настоящей программе и рекомендованы преподавателем

**3.7 Тематика научно-исследовательских заданий**

**Вариант 1.**

1. Охарактеризуйте влияние структуры твердого тела на его свойства.

2. Приведите примеры, описывающие влияние структуры твердого тела на его свойства

Вариант 2.

1. Охарактеризуйте влияние дефектов на свойства твердых тел

2. Приведите примеры, описывающие влияние дефектов на свойства твердых тел

Вариант 3.

1. Охарактеризуйте особенности и физические причины магнитных свойств диамагнетиков.

2. Приведите примеры применения диамагнетиков в практике

Вариант 4.

1. Охарактеризуйте особенности и физические причины магнитных свойств ферромагнетиков.

2. Приведите примеры применения ферромагнетиков в практике

Вариант 5.

1. Охарактеризуйте особенности и физические причины магнитных свойств парамагнетиков.

2. Приведите примеры применения парамагнетиков в практике

Вариант 6.

1. Охарактеризуйте особенности и физические причины электрических свойств диэлектриков.

2. Приведите примеры применения диэлектриков в практике

Вариант 7.

1. Охарактеризуйте особенности и физические причины электрических свойств проводников.

2. Приведите примеры применения проводников в практике

Вариант 8.

1. Охарактеризуйте особенности и физические причины свойств сверхпроводников.

2. Приведите примеры применения сверхпроводников в практике

Вариант 1.

1. Изучите устройство и принцип действия варикапа.

2. Смоделируйте поведение варикапа в электрическом поле в любой программной оболочке, используемой для аналогичных расчетов

3. Опишите основные режимы работы варикапа и их физические причины

Вариант 2.

1. Изучите устройство и принцип действия туннельного диода

2. Смоделируйте поведение туннельного диода в электрическом поле в любой программной оболочке, используемой для аналогичных расчетов

3. Опишите основные режимы работы туннельного диода и их физические причины

Вариант 3.

1. Изучите устройство и принцип действия переменного конденсатора

2. Смоделируйте поведение переменного конденсатора в электрическом поле в любой программной оболочке, используемой для аналогичных расчетов

3. Опишите основные режимы работы переменного конденсатора и их физические причины

Вариант 4.

1. Изучите устройство и принцип действия стабилитрона

2. Смоделируйте поведение стабилитрона в электрическом поле в любой программной оболочке, используемой для аналогичных расчетов

3. Опишите основные режимы работы стабилитрона и их физические причины

#### **4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

- Описание шкал оценивания

Используется традиционная шкала оценивания «зачет» - «незачет»

Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине и ШКАЛА оценивания		ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ*
	Пороговый	Повышенный	
ОПК- 1 Знать методы и проблематику современной физики твердого тела и полупроводников Уметь в процессе анализа профессиональных задач выделять проблематику физики твердого тела и полупроводников Владеть навыками анализа профессиональных задач на основе представлений физики твердого тела и полупроводников	ориентируется в современной научной проблематике и методологии повышенный	Умеет вычленять из общей проблематики и методологии вопросы физики твердого тела	зачет
ПК-1 Знать основные законы физики твердого тела и полупроводников и их значение для физической электроники Уметь применять законы и методы физики твердого тела и полупроводников для решения профессиональных задач Владеть навыками решения задач с использованием методов физики твердого тела	знает основные законы и закономерности физики твердого тела и полупроводников и умеет применять их для решения простых профессиональных задач	Способен самостоятельно применять методы и законы физики твердого тела и полупроводников для решения профессиональных задач	зачет
ПК-3 Знать основное оборудование, применяемое при исследованиям в области физики твердого тела Уметь работать с профессионально-значимым оборудованием Владеть опытом работы на профессиональном оборудовании	ориентируется в информационном поле по физике твердого тела и полупроводников, способен найти и применить необходимую информацию	способен самостоятельно найти, оценить и применить информацию в области физики твердого тела и полупроводников	зачет
ПК-4 Знать основное оборудование, применяемое при исследованиям в области физики твердого тела Уметь работать с профессионально-значимым оборудованием Владеть опытом работы на профессиональном оборудовании	ориентируется в современном физическом научном оборудовании, применяемом при исследованиях в области физики твердого тела	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования в области физики твердого тела	зачет

#### 4.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

№ семестра	№ раздела	Виды контроля и аттестации (ВК, Тат, ПрАт)	Наименование раздела учебной дисциплины	Оценочные средства		
				Форма	Количество вопросов в задании	Количество независимых вариантов
4	1		Классификация твердых тел по электропроводности Зонная модель и ее недостатки	тестирование	17-20	5
	2		Статистика фермионов и бозонов		17-26	5
	3		Кинетические явления в полупроводниках		10-19	5
	1		Классификация твердых тел по электропроводности. Зонная модель и ее недостатки	зачет	2	25
	2		Статистика фермионов и бозонов			
	3		Кинетические явления в полупроводниках			

#### Примеры оценочных средств

##### Контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Классификация веществ по характеру и величине электропроводности
2. Обзор развития физики твердого тела и полупроводников, значение полупроводниковых материалов в современной науке и технике.
3. Уравнение Шредингера для электронов в изолированном атоме, энергетический спектр электронов в атоме.
4. Уравнение Шредингера для кристалла, одноэлектронное приближение.
5. Зоны разрешенных значений энергии электрона в кристалле.
6. Движение носителей заряда в кристалле под действием электрического поля, понятие эффективной массы, физический смысл эффективной массы.
7. Связь энергии носителей заряда с эффективной массой.

8. Плотность квантовых состояний в разрешенных зонах.
9. Элементарная теория примесных состояний
- 10 Зонная структура некоторых полупроводников (германий, кремний, арсенид галлия).
11. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака.
12. Концентрации электронов и дырок в разрешенных зонах и на примесных состояниях
13. Уравнение электронейтральности
14. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике
15. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей заряда в полупроводнике, легированном одним типом примеси
16. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.
17. Перераспределение носителей заряда в компенсированных полупроводниках.
- 18 Общая характеристика кинетических явлений в твердом теле.
- 19.Элементарная теория электропроводности, понятие дрейфовой скорости и дрейфовой подвижности носителей заряда.
20. Температурная зависимость подвижности и электрической проводимости при различных механизмах рассеяния носителей заряда.
21. Эффект Холла в полупроводниках с одним типом примеси.
22. Магниторезистивный эффект.
- 23.Термоэлектрические явления (термоэдс, эффекты Пельтье и Томсона).

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Семестр	Количество экземпляров	
			в библиотеке	на кафедре
1	2	4	5	6
1	Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466</a> (13.05.2020).	4	ЭБС	
2	Фомин, Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие /	4	ЭБС	



	Д.В. Фомин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 186 с. [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259074">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259074</a> (13.05.2020).			
--	---	--	--	--

## 5.2. Дополнительная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Семестр	Количество экземпляров	
			в библиотеке	на кафедре
1	2	4	5	6
1	Афанасова, М.М. Физика твердого тела и полупроводников: практикум по выполнению лабораторных работ в среде Mathcad [Текст]: Практикум по выполнению лабораторных работ в среде Mathcad / Афанасова М.М., Горбунова Ю.Н. / РГУ им. С. А. Есенина. - Рязань, Рязанский институт развития образования, 2014 – 41 с.	4	10	5
2	Гантмахер, В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах [Электронный ресурс] / В.Ф. Гантмахер. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2005. - 233 с. URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=75495">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=75495</a> (19.05.2020)	4	ЭБС	
3	Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - Москва : Мир, 1978. - Т. 1. - 391 с. : ил. [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483337">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483337</a> (13.05.2020).	4	ЭБС	
4	Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - Москва : Мир, 1979. - Т. 2. - 419 с. : ил. ;[Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483336">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483336</a> (13.05.2020).	4	ЭБС	
5	Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель ; пер. с англ. А. Гусева. - Москва : Наука, 1978. - 788 с. : [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483361">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483361</a> (13.06.2020).	4	ЭБС	
6	Задачи по физике твердого тела / под ред. Г.Д. Голдсмида ; пер. с англ. А.А. Гусеева, М.П. Шаскольской. - Москва : Наука, 1976. - 429 с. : [Электронный ресурс]. -	4	ЭБС	

URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483354">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483354</a> (13.06.2020).			
--	--	--	--

## **5.2. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

1. BOOK.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.book.ru> (дата обращения: 19.05.2020).

2. East View [Электронный ресурс] : [база данных]. – Доступ к полным текстам статей научных журналов из сети РГУ имени С. А. Есенина. – Режим доступа: <https://dlib.eastview.com> (дата обращения: 19.05.2020).

3. Moodle [Электронный ресурс] : среда дистанционного обучения/ Ряз. гос. ун-т. – Рязань, [Б.г.]. – Доступ, после регистрации из сети РГУ имени С. А. Есенина, из любой точки, имеющей доступ к Интернету. – Режим доступа: <http://e-learn2.rsu.edu.ru/moodle2> (дата обращения: 19.05.2020).

4. Znanium.com [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://znanium.com> (дата обращения: 19.05.2020).

5. Труды преподавателей [Электронный ресурс]: коллекция // Электронная библиотека Научной библиотеки РГУ имени С. А. Есенина. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://dspace.rsu.edu.ru/xmlui/handle/123456789/3> (дата обращения: 19.05.2020).

6. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red) (дата обращения: 19.05.2020).

7. Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс] : официальный сайт/ Рос. гос. б-ка. – Москва : Рос. гос. б-ка, 2003 - .- Доступ к полным текстам из комплексного читального зала НБ РГУ имени С. А. Есенина. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru> (дата обращения: 19.05.2020).

8. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 19.05.2020)

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

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный (дата обращения: 19.05.2020).

2. КиберЛенинка[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>, свободный (дата обращения: 19.05.2020).

3. [www.plasmalabs.ru](http://www.plasmalabs.ru) – Сайт ОАО «Плазма»

4. [www.nature.web.ru](http://www.nature.web.ru) – Научная сеть
5. [www.elinform.ru](http://www.elinform.ru) Информационный портал для производителей электроники ЭЛИНФОРМ – это источник профессиональной информации по современным технологиям в производстве электроники и передовым достижениям предприятий электронной промышленности.
6. <http://emkelektron.webnode.com> Электроника для всех. Интерактивная система обучения
7. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс] федеральный портал. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/> , свободный (дата обращения: 19.05.2020).
8. Информационно-коммуникационные технологии в образовании [Электронный ресурс] : система федеральных образовательных порталов. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru> , свободный (дата обращения: 19.05.2020).
9. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс] // Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – Режим доступа: <http://fcior.edu.ru> , свободный (дата обращения: 19.05.2020).

#### **5.4. Перечень периодических изданий (конкретных статей)**

1. Сайт журнала теоретической и математической физики — URL: <http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf> (дата обращения 19.05.2020)
2. Сайт журнала «Физика твердого тела» — URL: <http://journals.ioffe.ru/ftt/> (дата обращения 19.05.2020)
3. Подборка моделей по физике твердого тела — URL: <http://jas.eng.buffalo.edu/> (дата обращения 19.05.2020)
4. Center of Solid State Physics — URL: <http://www.e-physica.pl/> (дата обращения 19.05.2020)

#### **5.5. Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

##### ***Стандартный набор ПО (в компьютерных классах):***

1. Операционная система WindowsPro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);
2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142от 30/03/2018г.);
3. Офисное приложение Libre Office (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений Fast Stone ImageViewer (свободно распространяемое ПО);
6. PDF ридер Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);
7. Медиа проигрыватель VLC mediaplayer (свободно распространяемое ПО);
8. Запись дисков Image Burn (свободно распространяемое ПО);

9. DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in (свободно распространяемое ПО);

***Стандартный набор ПО (для кафедральных ноутбуков):***

1. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142 от 30/03/2018г.);

2. Офисное приложение Libre Office (свободно распространяемое ПО);

3. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);

4. Браузер изображений Fast Stone ImageViewer (свободно распространяемое ПО);

5. PDF ридер Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);

6. Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);

7. Запись дисков Image Burn (свободно распространяемое ПО);

8. DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in (свободно распространяемое ПО);

***5.6. Описание материально-технической базы.***

Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий: стандартно оборудованные аудитории для проведения лекционных и практических занятий – видеопроектор, экран настенный. Компьютерный класс.

Требования к специализированному оборудованию: отсутствует

**Приложение 1**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
" ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ПОЛУПРОВОДНИКОВ"**

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
(МОДУЛЮ) ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

№ п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1.	<b>Классификация твердых тел по электропроводности Зонная модель и ее недостатки</b>	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-4	Зачет
2.	<b>Статистика фермионов и бозонов</b>		
3.	<b>Кинетические явления в полупроводниках</b>		

**ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Элементы компетенции	Индекс элемента
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знать методы и проблематику современной физики твердого тела и полупроводников	31 ОПК-1
		Уметь в процессе анализа профессиональных задач выделять проблематику физики твердого тела и полупроводников	У1 ОПК-1
		Владеть навыками анализа профессиональных задач на основе представлений физики твердого тела и полупроводников	В1 ОПК-1
ПК-1	способность самостоятельно использовать фундаментальные законы природы и основные законы физики и астрономии в профессиональной деятельности	Знать основные законы физики твердого тела и полупроводников и их значение для физической электроники	31 ПК-1
		Уметь применять законы и методы физики твердого тела и полупроводников для решения профессиональных задач	У1 ПК-1

		Владеть навыками решения задач с использованием методов физики твердого тела	В1 ПК-1
ПК-3	способность самостоятельно работать в глобальных информационных сетях, применять и использовать новые знания в области физики и астрономии, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий	Знать основные глобальные источники информации по физике твердого тела и полупроводников, базы данных	31 ПК-3
		Уметь находить и применять современную информацию	У1 ПК-3
		Владеть современным информационными технологиями в области физики твердого тела	В1 ПК-3
ПК-4	способность самостоятельно осваивать и применять в научных исследованиях современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру в области физической электроники	Знать основное оборудование, применяемое при исследованиям в области физики твердого тела	31 ПК-4
		Уметь работать с профессионально-значимым оборудованием	У1 ПК-4
		Владеть опытом работы на профессиональном оборудовании	В1 ПК-4

### КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЗАЧЕТ)

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1	Классификация веществ по характеру и величине электропроводности	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
2	Обзор развития физики твердого тела и полупроводников, значение полупроводниковых материалов в современной науке и технике.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
3	Уравнение Шредингера для электронов в изолированном атоме, энергетический спектр электронов в атоме.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
4	Уравнение Шредингера для кристалла, одноэлектронное приближение.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
5	Зоны разрешенных значений энергии электрона в кристалле.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
6	Движение носителей заряда в кристалле под действием электрического поля, понятие эффективной массы, физический смысл эффективной массы.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4

7	Связь энергии носителей заряда с эффективной массой.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
8	Плотность квантовых состояний в разрешенных зонах.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
9	Элементарная теория примесных состояний	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
10	Зонная структура некоторых полупроводников (германий, кремний, арсенид галлия).	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
11	Функция распределения в статистике Ферми-Дирака.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
12	Концентрации электронов и дырок в разрешенных зонах и на примесных состояниях	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
13	Уравнение электронейтральности	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
14	Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
15	Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей заряда в полупроводнике, легированном одним типом примеси	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
16	Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
17	Перераспределение носителей заряда в компенсированных полупроводниках.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
18	Общая характеристика кинетических явлений в твердом теле.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
19	Элементарная теория электропроводности, понятие дрейфовой скорости и дрейфовой подвижности носителей заряда.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
20	Температурная зависимость подвижности и электрической проводимости при различных механизмах рассеяния носителей заряда.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
21	Эффект Холла в полупроводниках с одним типом примеси.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4

22	Магниторезистивный эффект.	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
23	Термоэлектрические явления (термоэдс, эффекты Пельтье и Томсона).	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4
	Научно-исследовательское задание	31 ОПК-1, У1 ОПК-1, В1 ОПК-1, 31 ПК-1, У1 ПК-1, В1 ПК-1, 31 ПК-3, У1 ПК-3, В1 ПК-3, 31 ПК-4, У1 ПК-4, В1 ПК-4

## **ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (Шкалы оценивания)**

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются по шкале «зачтено» - «не зачтено».

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине **«Физика твердого тела и полупроводников»**.

**«Зачтено»** – оценка соответствует повышенному и пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теоретические и практические аспекты курса, свободно оперирует основными понятиями, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал базовой и монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

**«НЕЗАЧТЕНО»** - оценка выставляется обучаемому, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.