



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института/

Энергетики и автоматизированных систем

С.И. Лукьянов

« 26 » сентября 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ |**

**ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

Направление подготовки

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль/ специализация) программы

«Электроника информационных и промышленных систем»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения


Очная

Институт энергетики и автоматизированных систем  
Кафедра электроники и микроэлектроники  
Курс – 2  
Семестр - 4


Магнитогорск  
2018 г

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. N 218.

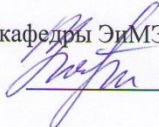
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры "Электроники и микроэлектроники" 06 сентября 2018 г., (протокол № 1).

Зав. кафедрой  С.И. Лукьянов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института Энергетики и автоматизированных систем 26 сентября\_2018 г. (протокол №\_1).

Председатель  С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:



доцент кафедры ЭиМЭ канд. техн. наук  
 Т.Д.Ю. Усатый /

Рецензент:

Начальник отдела инновационных разработок ЗАО «КОНСОМ ГРУПП», канд. техн. наук

 / А.Н. Панов /

### Лист регистрации изменений и дополнения

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	05.09.2019 г. протокол №1	
2.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	31.08.2020 г. протокол №1	

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины - формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел, в первую очередь – полупроводников, при создании элементов, приборов и устройств микро и наноэлектроники.

Задачами курса служат расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения фундаментальных результатов физики твердого тела и способов практического использования свойств твердых тел, развитие понимания взаимосвязи структуры и состава твердых тел, и многообразия их физических свойств, практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями твердого тела, навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств твердых тел и основными экспериментальными методиками, создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая элементы и приборы наноэлектроники, физики низкоразмерных систем, твердотельной электроники и технологии микро- и наноэлектроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП подготовки бакалавра

Б1.В.17

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к профессиональному циклу образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и преподается в течении 6-го семестра. Для достижения целей дисциплины студент изучит учебную программу следующих дисциплин: физика, химия, математика.

Студент, приступивший к изучению дисциплины «Физика конденсированного состояния» должен:

- знать и уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

- представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

- уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

- владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.

Знания, полученные студентом при изучении курса «Физика конденсированного состояния» будут необходимы для освоения следующих дисциплин: «Физические основы электроники», «Наноэлектроника».

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В ходе изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» у студента формируются:

- способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-7	- способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Знать	Теорему Блоха и принципы описания состояния квазичастиц (квазиимпульс, ветви закона дисперсии). Статистику квазичастиц, распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Фотоны, магноны, плазмоны и экситоны и квазиклассические поля, которые им соответствуют. Кинетические процессы. Принципы описания неравновесных пространственно неоднородных состояний. Одночастичные функции распределения. Плотность состояний в фазовом пространстве. Волновые пакеты и их движение. Вывод кинетического уравнения для электронов в приближении времени релаксации. Элементарную теорию электропроводности металлов. Влияние процессов соударения квазичастиц на время релаксации. Теплопроводность, закон Видемана-Франца, условия его применимости. Термоэлектрические процессы. Движение электронов в сильном магнитном поле при низких температурах. Циклотронную массу. Метод циклотронного резонанса в металлах и полупроводниках. Размерные эффекты. Эффект Де-Гааза-Ван-Альфена и Шубникова-Де-Гааза, их использование для исследования поверхности
Уметь:	Привлекать для решения проблем возникающих в ходе своей профессиональной деятельности соответствующий физико-математический аппарат
Владеть:	Знаниями, необходимыми для понимания физических процессов при осуществлении профессиональной деятельности. Методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и наноэлектроники.
ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	
Знать:	Задачи физики конденсированного состояния и химии твердого тела. Современные методы расчета атомной структуры кристаллов и их трудности. Современные методы исследования атомной структуры вещества в конденсированном состоянии. Концепцию квазичастиц при описании термодинамических и кинетических свойств кристаллов. Фононы и электроны.
Уметь:	Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения
Владеть:	Современными программными средствами моделирования и проектирования физических и математических моделей приборов. Методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и наноэлектроники

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы или 108 часов:

- Контактная работа – 37,15 acad. ч.
- аудиторная работа – 34 acad. часов (лекции – 17 acad.ч., практические занятия – 17 acad.ч.);
- самостоятельная работа 35,15 acad. часов; ВКНР- 3,15 acad. часов
- на экзамен – 35,7 acad. часов, в интерактивной форме – acad.ч.

Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)*				Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Код и структурный элемент компетенции	
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия	самост. раб				
<b>1. Раздел 1. Изучение меж-атомного взаимодействия и дефектов в твердых телах.</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	Изучение и повторение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям и самостоятельным работам	<b>Выполнение самостоятельной работы на базе платформы виртуальных приборов Elvis</b>	ОПК-7, ПК 1 - ЗУВ	
1.1 Классификация твердых тел. Типы связи. Энергия связи. Молекулярные кристаллы, ионные кристаллы, ковалентные кристаллы, металлы.		1		1	1				
1.2. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле.		1		0,5/0,5	1				
1.3. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле.		1		0,5/0,5	1				
<b>2. Раздел 2. Изучение механических и тепловых свойств твердых тел.</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>3/1</b>	<b>3</b>		<b>Выполнение самостоятельной работы на базе платформы виртуальных приборов Elvis, контрольная работа</b>		
2.1. Напряженное и деформированное состояния твердых тел.		1		0,5/0,5	1				

Упругость . Закон Гука для изотропных твердых тел. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Пластические свойства кристаллических твердых тел.							
2.2. Одномерные колебания однородной структуры. Колебания одноатомной линейной цепочки. Колебания одномерной решетки с базисом.		1		0,5/0,5	1		
2.3. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга - Пти. Теория теплоемкости Энштейна. Теория теплоемкости Дебая. Тепловое расширения твердых тел. Теплопроводность твердых тел.		1		1	1		
<b>3. Раздел 3. Изучение элементов квантовой механики и зонной теории твердых тел.</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>1</b>	<b>Выполнение самостоятельной работы на базе платформы виртуальных приборов Elvis, контрольная работа</b>	
3.1. Волновая функция и ее основные свойства. Основные принципы квантовой механики. Средние значения физических величин и квантовые операторы. Свойства квантовых операторов. Плотность потока вероятности. Уравнение Шредингера. Движение микрочастиц в поле потенциальных барьеров и потенциальных ям.		1		1	1		
3.2. Уравнение Шредингера в кристаллах.. Валентное, адиабатическое и одноэлектронное приближения. Волновая функция Блоха. Периодичность физических свойств кристаллов в k-пространстве. Приближение сильно связанных и слабо связанных электронов.				1	1		
3.3. Зонная теория твердых тел. Зонный характер энергии электронов в кристаллах. Заполнение зон электронами. Диэлектрики, полупроводники и металлы. Понятие дырки в валентной зоне. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. Основные свойства электрона в периодическом поле		0,5		0,5	0,5		

кристалла. Локализованные состояния электронов. Классификация полупроводников.								
3.4. Зонная теория твердых тел. Зонный характер энергии электронов в кристаллах. Заполнение зон электронами. Диэлектрики, полупроводники и металлы. Понятие дырки в валентной зоне. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. Основные свойства электрона в периодическом поле кристалла. Локализованные состояния электронов. Классификация полупроводников.		0,5		0,5	0,5			
<b>4. Раздел 4. Изучение движения зарядов в твердых телах и поверхностных свойств полупроводников.</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>3</b>		<b>Контрольная работа</b>	
4.1. Статистика носителей заряда. Функция плотности состояний. Функция плотности состояний в низкоразмерных структурах. Функции распределения Ферми - Дирока и Максвелла-Больцмана. Поверхность и уровень Ферми. Концентрация носителей заряда в полупроводниках и металлах. Зависимость уровня Ферми от температуры и концентрации примеси.		1		1	1			
4.2. Кинетические эффекты в твердых телах. Кинетическое уравнение Больцмана. Время релаксации носителей заряда. Электропроводность полупроводников и металлов. Эффекты сильного поля. Термоэлектрические и гальваномагнитные эффекты в твердых телах.		1		1	1			
4.3. Поверхностные свойства полупроводников. Поверхностные уровни и поверхностные состояния. Эффект поля. Образование инверсионных, обогащенных и обедненных слоев в эффекте поля. Поверхностная проводимость и вольтфарадные характеристики.		1			1			
<b>5. Экзамен</b>	-	-	-	-	<b>35,7</b>		<b>Проведение экзамена</b>	

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, СР – самостоятельная работа, АКР – аудиторная контрольная работа, И – интерактивная работа, ИДЗ – индивидуальное задание.



## 5 Образовательные технологии:

**Проведение лекционных** занятий по дисциплине рекомендуется сопровождать с использованием мультимедийных презентаций, включающих в себя слайды различных схем, фотографий изделий, иллюстраций технологических процессов производств материалов и элементов электронной техники. Презентации способствуют структурированию лекций, экономии лекционного времени, затрачиваемого на построение схем и графиков на доске. Высвобожденное таким образом время целесообразно использовать для диалогового общения с группами студентов, включать в лекционные часы элементы практических занятий, проводить небольшие опросы с целью поддержания работоспособности студентов в течении всего курса.

На лекционные занятия приглашаются представители компаний, осуществляющих сервисное обслуживание электронного оборудования на ОАО «ММК». В ходе данных встреч заостряется внимание студентов на высокой ответственности инженеров - электроников в технологическом процессе металлургического предприятия, на важности правильного выбора изделий электронной техники и материалов, применяемых в специализированном оборудовании металлургических агрегатов.

**При проведении практических работ** необходимо создать условия для самостоятельной работы каждого студента, поэтому необходимо предлагать студентам решать самостоятельно задачи у доски.

Для закрепления практических навыков совместно со студентами проводятся практические занятия на базе платформы NI Elvis II.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Раздел дисциплины	Виды самостоятельной работы	Формы контроля
<b>1. Раздел 1. Изучение межатомного взаимодействия и дефектов в твердых телах.</b>	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №1
1.1. Классификация твердых тел. Типы связи. Энергия связи. Молекулярные кристаллы, ионные кристаллы, ковалентные кристаллы, металлы.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №1
1.2. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №1
1.3. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №1
<b>2. Раздел 2. Изучение механических и тепловых свойств</b>	Чтение лекций, просмотр презентаций.	Контрольная работа №1

<b>твердых тел.</b>	Чтение дополнительной литературы.	
2.1. Напряженное и деформированное состояния твердых тел. Упругость. Закон Гука для изотропных твердых тел. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Пластические свойства кристаллических твердых тел.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №1
2.2. Одномерные колебания однородной структуры. Колебания одноатомной линейной цепочки. Колебания одномерной решетки с базисом.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №1
2.3. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга - Пти. Теория теплоемкости Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая. Тепловое расширения твердых тел. Теплопроводность твердых тел.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №1
<b>3. Раздел 3. Изучение элементов квантовой механики и зонной теории твердых тел.</b>	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
3.1. Волновая функция и ее основные свойства. Основные принципы квантовой механики. Средние значения физических величин и квантовые операторы. Свойства квантовых операторов. Плотность потока вероятности. Уравнение Шредингера. Движение микрочастиц в поле потенциальных барьеров и потенциальных ям.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
3.2. Уравнение Шредингера в кристаллах.. Валентное, адиабатическое и одноэлектронное приближения. Волновая функция Блоха. Периодичность физических свойств кристаллов в k-пространстве. Приближение сильно связанных и слабо связанных электронов.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
3.3. Зонная теория твердых тел. Зонный характер энергии электронов в кристаллах. Заполнение зон электронами. Диэлектрики, полупроводники и металлы. Понятие дырки в валентной зоне. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. Основные свойства электрона в периодическом поле кристалла. Локализованные состоя-	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2

ния электронов. Классификация полупроводников.		
3.4. Зонная теория твердых тел. Зонный характер энергии электронов в кристаллах. Заполнение зон электронами. Диэлектрики, полупроводники и металлы. Понятие дырки в валентной зоне. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. Основные свойства электрона в периодическом поле кристалла. Локализованные состояния электронов. Классификация полупроводников.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
<b>4. Раздел 4. Изучение движения зарядов в твердых телах и поверхностных свойств полупроводников.</b>	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
4.1. Статистика носителей заряда. Функция плотности состояний. Функция плотности состояний в низкоразмерных структурах. Функции распределения Ферми - Дирока и Максвелла-Больцмана. Поверхность и уровень Ферми. Концентрация носителей заряда в полупроводниках и металлах. Зависимость уровня Ферми от температуры и концентрации примеси.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
4.2. Кинетические эффекты в твердых телах. Кинетическое уравнение Больцмана. Время релаксации носителей заряда. Электропроводность полупроводников и металлов. Эффекты сильного поля. Термоэлектрические и гальваномагнитные эффекты в твердых телах.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
4.3. Поверхностные свойства полупроводников. Поверхностные уровни и поверхностные состояния. Эффект поля. Образование инверсионных, обогащенных и обедненных слоев в эффекте поля. Поверхностная проводимость и вольтфарадные характеристики.	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	Контрольная работа №2
<b>6. Экзамен</b>	Чтение лекций, просмотр презентаций. Чтение дополнительной литературы.	

## 7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за определенный период обучения (семестр) и может проводиться в форме зачета, зачета с оценкой, экзамена, защиты курсового проекта (работы).

Данный раздел состоит их двух пунктов:

- а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.
- б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-7 - способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности		
Знать	Теорему Блоха и принципы описания состояния квазичастиц (квазиимпульс, ветви закона дисперсии). Статистику квазичастиц, распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Фотоны, магноны, плазмоны и экситоны и квазиклассические поля, которые им соответствуют. Кинетические процессы. Принципы описание неравновесных пространственно неоднородных состояний. Одночастичные функции распределения. Плотность состояний в фазовом пространстве. Волновые пакеты и их движение. Вывод кинетического уравнения для электронов в приближении времени релаксации. Элементарную теорию электропроводности металлов. Влияние процессов соударения квазичастиц на время релаксации. Теплопроводность, закон Видемана-Франца, условия его применимости. Термоэлектрические процессы. Движение электронов в сильном магнитном поле при низких температурах. Циклотронную массу. Метод циклотронного резонанса в металлах и полупроводниках. Размерные эффекты. Эффект Де-Гааза-Ван-	<p><b>Вопросы для подготовки к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физика конденсированного состояния вещества и физика твердого тела. Связь атомов в решетке. Симметрия и структура кристаллов, обратная решетка.</li> <li>2. Уравнение Шредингера в периодическом потенциале. Блоховская волновая функция. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна в обратном пространстве.</li> <li>3. Разрешенные энергетические зоны и спектральные щели. Брэгговская дифракция и туннелирование электронов. Слабая и сильная связь. Эффективная масса. Электроны и дырки.</li> <li>4. Классификация кристаллов по типу проводимости: металлы, полуметаллы, полупроводники, диэлектрики с точки зрения зонной теории.</li> <li>5. Колебания кристаллической решетки. Акустические и оптические упругие волны. Квантование колебаний решетки. Нулевые колебания и фононы. Квантовые кристаллы.</li> <li>6. Теплоемкость решетки. Модели Эйнштейна</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	Альфена и Шубникова-Де-Гааза, их использование для исследования поверхности	и Дебая. Ангармонические эффекты. Тепловое расширение и теплопроводность. 7. Носители заряда в полупроводниках и металлах. Квантовое вырождение и понятие о Магнетизм атомов и кристаллов. Классификация магнетиков. Парамагнетики и диамагнетики. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики, геликоидальные структуры, спиновые стекла. Температуры Кюри и Нееля. Обменное взаимодействие. Магнитная анизотропия. Домены. Гистерезис.
Уметь:	Привлекать для решения проблем возникающих в ходе своей профессиональной деятельности соответствующий физико-математический аппарат	<b>Контрольные работы. Устный опрос</b> <b>Темы: Изучение межатомного взаимодействия и дефектов в твердых телах.</b> •
Владеть:	Знаниями, необходимыми для понимания физических процессов при осуществлении профессиональной деятельности. Методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и нанoeлектроники.	Самостоятельные работы. <b>Темы: Изучение элементов квантовой механики и зонной теории твердых тел.</b>
ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования		
Знать:	Задачи физики конденсированного состояния и химии твердого тела. Современные методы расчета атомной структуры кристаллов и их трудности.	<b>Вопросы для подготовки к экзамену:</b> 8. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейсснера. Квантование магнитного потока в

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>Современные методы исследования атомной структуры вещества в конденсированном состоянии. Концепцию квазичастиц при описании термодинамических и кинетических свойств кристаллов. Фононы и электроны.</p>	<p>сверхпроводниках. Сверхпроводники I и II рода. Эффекты Джозефсона. Теория Гинзбурга-Ландау.</p> <p>9. Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера. Куперовские пары и щель в спектре. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводимости. Классические и квантовые ферми- и бозе-жидкости. Ротоны и сверхтекучесть.</p> <p>10. Квазичастицы в твердом теле. Электроны и дырки. Экситоны. Упругие волны и фононы. Спиновые волны и магноны. Плазменные колебания и плазмоны. Поляроны. Поляритоны.</p> <p>11. Механизмы электрической поляризуемости кристаллов. Локальное поле и диэлектрическая проницаемость. Комплексная проницаемость. Оптические свойства ионных кристаллов.</p> <p>12. Пирозлектрики и сегнетоэлектрики.</p> <p>13. Жидкие кристаллы. Полимеры. Органические полупроводники. Фуллерены, квантовые углеродные трубки, графен.</p> <p>14. Фракталы. Не упорядоченные и слабо упорядоченные системы. Теория протекания.</p> <p>15. Несоразмерные структуры. Квазикристаллы.</p> <p>16. Волны зарядовой и спиновой плотности. Тепловые и радиационные точечные дефекты в кристаллах, механизмы диффузии. Дислокации.</p>
Уметь:	<p>Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения</p>	<p><b>Контрольные работы. Устный опрос Темы: Изучение движения зарядов в твердых телах и поверхностных свойств полупроводников.</b></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть:	Современными программными средствами моделирования и проектирования физических и математических моделей приборов. Методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и наноэлектроники	Самостоятельные работы. Темы: <b>Изучение механических и тепловых свойств твердых тел</b>

Критерии оценки экзамена (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне поиска, воспроизведения, переработки и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки по выбору оптимального метода решения типовых задач, навыки решения проблем и задач повышенной сложности, вынесения критических суждений по поводу полученных результатов решения;

на оценку **«хорошо»** – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне поиска, воспроизведения, переработки и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения типовых проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, навыки решения простых задач, применяя изученные алгоритмы;

на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

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

### а) Основная литература:

1. Кульков, В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении : учебное пособие / В. Г. Кульков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2379-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/90003/#1> (дата обращения: 09.06.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния : учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили, Е. В. Шалагина, Н. А. Каляева, Е. А. Попкова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2431-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/91292/#1> (дата обращения: 09.06.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1997-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/71707/#3> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### в) Методические указания:

1. Анфимов, И. М. Физика твердого тела. Сборник задач : учебное пособие / И. М. Анфимов, С. П. Кобелева, М. П. Коновалов. — Москва : МИСИС, 2011. — 70 с. — ISBN 978-5-87623-426-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/47457/#1> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Windows 7	Д-1227 от 8.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017 Д-593-16 от 20.05.2016 Д-1421-15 от 13.07.2015	11.10.2021 27.07.2018 20.05.2017 13.07.2016
7 Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>



Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные и методические пособия, разработанные кафедрой «Электроники и микроэлектроники» по данной дисциплине. Образцы работ студентов. Компьютерные классы университета с доступом интернет. Мультимедийные презентации по разделам дисциплины.

<b>Тип и название аудитории</b>	<b>Оснащение аудитории</b>
<b>Аудитория для лекционных занятий</b>	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Наглядные материалы и учебные модели для выполнения практических работ. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения учебного оборудования. Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.