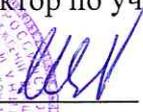


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:54:08  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76e8189ca82b666892

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
  
И.Г. Игнатова  
« 2 » сентября 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
«Физика конденсированного состояния»

Направление подготовки – 28.03.03 «Нanomатериалы»  
Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов»

2020 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

<b>Компетенции ОП</b>	<b>Компетенции/подкомпетенции, формируемые в дисциплине</b>	<b>Индикаторы достижения подкомпетенций</b>
<b>ОПК-1</b> Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	<b>ОПК-1.ФКС</b> Способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные естественнонаучные знания с учетом размерных эффектов	<b>Знание</b> основных типов конденсированных сред; основные приближения зонной теории, свойства блоховского электрона и особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа в полупроводниках и металлах <b>Умение</b> объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров физических процессов; произвести расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа <b>Опыт</b> расчета кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоём- кость (ЗЕ)	Общая трудоём- кость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные- работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	4	3	108	32	16	-	60	ЗаО

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контро- ля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
1. Строение и свойства твёрдых тел	8	-	-	12	Тестирование
2. Металлы, полупроводни- ки и диэлектрики	24	-	-	32	Тестирование Контроль выполнения ин- дивидуального задания
3. Лабораторный практикум	-	-	16	16	Защита лабораторных работ

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Строение атома. Сильное и слабое взаимодействие. Конденсированное состояние. Упорядоченная и неупорядоченная структура. Энергия и виды связей в твердом теле.
	2	2	Периодическая структура твердого тела. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Уравнение Лауэ. Типы кристаллических решеток. Равновесные постоянные решетки.
	3	2	Ионные, ковалентные, металлические кристаллы. Водородная связь. Радиус атома в решетке. Постоянная Маделунга.

	4	2	Упругие свойства кристаллов. Колебания решетки. Фононы. Локальные фононные колебания. Теплоемкость. Теплопроводность. Температура Дебая.
2	5	2	Модель свободных электронов. Энергетические уровни и плотность состояний. Распределение Ферми-Дирака. Химический потенциал. Температурная зависимость плотности состояний.
	6	2	Уравнение Шредингера для трехмерного случая. Поверхность Ферми. Поверхность Ферми для различных металлов. Теплоемкость электронного газа.
	7	2	Электропроводность металлов. Закон Ома. Правило Матиссена. Теория Друде-Лоренца-Зоммерфельда. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца. Число Лоренца.
	8	2	Кинетическая и дрейфовая скорость электронов. Размерные и граничные эффекты.
	9	2	Локализованные состояния. Проводимость некристаллических материалов. Предел Йоффе-Регеля.
	10	2	Распространение электромагнитных волн в плазме. Плазмоны. Электростатическое экранирование. Электрон-электронное взаимодействие.
	11	2	Модель почти свободных электронов. Электрон в периодическом потенциальном поле. Энергетическая щель. Функции Блоха. Эффективная масса. Понятие дырок. Экситоны. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
	12	2	Полупроводниковые кристаллы. Запрещенная зона. Энергия Ферми. Собственная проводимость. Подвижность. Примесная проводимость. Донорные и акцепторные примеси. Тепловая ионизация примесных атомов. Электронно-дырочные переходы. Поляроны.
	13	2	Сверхпроводимость. Сверхпроводники I и II рода. Эффект Мейснера. Уравнение Лондона. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Эффекты Джозефсона. Изотопический эффект.
	14	2	Свойства диэлектриков. Поляризация. Диэлектрическая релаксация. Проводимость и пробой диэлектриков. Размерные диэлектрические свойства для сверхтонких пленок.
	15	2	Сегнетоэлектрические кристаллы. Пьезоэлектрические кристаллы. Домены. Температура Кюри.
	16	2	Магнитные свойства материалов. Диамагнетизм и парамагнетизм. Формула Ланжевена. Закон Кюри. Обменный интеграл. Намагниченность насыщения. Ферри- и ферромагнетики. Доменная структура. Блоховская стенка. Коэрцитивная сила и гистерезис ферромагнетиков.

#### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены.*

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
2	1	4	Исследование влияния морфологии поверхности на проводимость сверхтонких пленок металлов.
2	2	4	Исследование температурного коэффициента сопротивления сверхтонких пленок металлов.
2	3	4	Исследование механизмов электрического пробоя в тонких диэлектрических пленках.
2	4	4	Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости сверхтонких пленок сегнетоэлектриков.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Проработка конспекта лекций и обязательной литературы.
	4	Выполнение индивидуального домашнего задания
	2	Подготовка к тестированию по модулю
2	16	Проработка конспекта лекций и обязательной литературы.
	2	Подготовка к тестированию по модулю
	14	Выполнение индивидуального домашнего задания
3	16	Подготовка к выполнению лабораторных работ: изучение теоретического материала, написание конспекта, изучение оборудования и методики выполнения работы.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов представленные в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

1. Конспект лекций, методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине: «Физика конденсированного состояния».
2. Описание лабораторных работ.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Введение в физику твердого тела : [учебное руководство] / Ч. Киттель. - 2-е изд., стер. ; Перепечатка с изд. 1978 г. - М. : Альянс, 2014. - 792 с.
2. Нанотехнологии в электронике. Вып. 3. / Под ред. Чаплыгина Ю.А. - М.: Техносфера, 2015. – 686с.
3. Нанотехнологии : Учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2009. - 336 с
4. Теоретическая физика : Учеб. пособие для ун-тов: В 10-ти т. Т. 9, Ч. 2 : Статистическая физика. Теория конденсированного состояния / Под ред. Л.П. Питаевского / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2004. - 496 с. - (Теоретическая физика). - URL: <https://e.lanbook.com/book/2235> (дата обращения: 21.09.2020).
5. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. – М.:Мир, 1989. – 240с.
6. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н. Дьячков. - 3-е изд., электронное. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 491 с. - (Нанотехнологии). - URL: <https://e.lanbook.com/book/66217> (дата обращения: 21.09.2020).

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

1. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru>(дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Российская государственная библиотека**: сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
3. **GoogleScholar**: сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (реализовывается с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий).

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Доска	Не требуется
Учебная аудитория № 4139 «ЛП по материалам электронной техники»	Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный комплекс, компьютер, принтер	ОС Windows MS Office
Учебная аудитория №4349 «Лабораторный практикум по функциональной электронике»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стенд для проведения лабораторной работы «Исследование влияния морфологии поверхности на проводимость сверхтонких пленок металлов»;</li> <li>- стенд для проведения лабораторной работы «Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости сверхтонких пленок сегнетоэлектриков»;</li> <li>- стенд для проведения лабораторной работы «Исследование механизмов электрического пробоя в тонких диэлектрических пленках»;</li> <li>- стенд для проведения лабораторной работы «Исследование температурного коэффициента сопротивления сверхтонких пленок металлов».</li> </ul>	Не требуется
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ОПК-1.ФКС** «Способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные естественнонаучные знания с учетом размерных эффектов».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИ-ОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

При чтении лекций лектор может задавать аудитории вопросы, связанные с изучением данного курса, а также по знаниям, полученным студентами при изучении предшествующих дисциплин, на которых базируется данный курс.

На лабораторных работах проводится закрепление теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях, и обучение практическим навыкам коллективной работы в малых группах по применению измерительного и аналитического оборудования, оформлению и обсуждению полученных результатов. Студенты формулируют свою точку зрения, рассматривают правильность и адекватность предложенных моделей, приобретают навыки общения в коллективе. Под руководством преподавателя студенты демонстрируют и закрепляют свои знания, навыки и умения, а также сформированность компетенций, относящихся к изучаемой дисциплине.

В соответствии с программой учебная дисциплина включает 3 базовых модуля. Модули 1 и 2 являются теоретическими и служат для получения теоретических сведений по дисциплине «Физика конденсированного состояния». Модуль 3 является практико-ориентированным, включает выполнение лабораторных работ и предназначен для закрепления теоретических знаний и приобретения навыков и умений в соответствии с формируемой подкомпетенцией. Наиболее рациональным является последовательное освоение модулей. Модуль 3 может изучаться с 1 по 16 неделю.

В процессе освоения дисциплины студенты самостоятельно готовят и выполняют предусмотренные контрольные задания на проверку усвоения необходимых знаний в форме тестирования, на проверку умений – в форме защиты лабораторных работ, на проверку опыта деятельности – в форме представления результатов индивидуального домашнего задания (присланного на почту преподавателю), результат выполнения которых отражается в накопительной балльной системе.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций и дистанционных консультаций с использованием современных коммуникационных платформ и электронной почты.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительно-балльная система. Баллами оцениваются контрольные мероприятия, посещаемость занятий, активность при ответах на вопросы, задаваемые лектором при чтении лекций, а также активность и своевременность выполнения лабораторных работ, результаты выполненного индивидуального задания (в сумме 80 баллов), итоговое зачетное мероприятие (в сумме 20 баллов).

Для аттестации по дисциплине студент должен выполнить на положительную оценку тестовые задания на 8 и 16 неделе, представить конспекты четырех выполненных

и защищенных лабораторных работ, представить результаты выполнения индивидуально-го задания.

Сдача контрольных мероприятий, а также повышение оценки по контрольному мероприятию проводятся на еженедельных консультациях и на 16-18 неделях.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/> .

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	неудовлетворительно
50 – 70	удовлетворительно
71 – 85	хорошо
86 – 100	отлично

**Разработчик:**

Профессор института ПМТ  
д.т.н., проф.

 /В.М.Рощин /

Рабочая программа дисциплины «Физика конденсированного состояния» по направлению подготовки 28.03.03 «Нanomатериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов», разработана в институте ПМТ утверждена на заседании Ученого Совета Института 30 сентября 2020 года , протокол № 39 .

Зам. директора Института  
к.т.н., доцент

  
\_\_\_\_\_/А.В. Железнякова/

### Лист согласования

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

  
\_\_\_\_\_/И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки

  
\_\_\_\_\_/Т.П.Филипова/