



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин

30.01.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Направление подготовки (специальность)
11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Направленность (профиль/специализация) программы
Программирование и электроника информационных систем

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
заочная

| | |
|---------------------|--|
| Институт/ факультет | Институт естествознания и стандартизации |
| Кафедра | Физики |
| Курс | 3 |

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
16.01.2023, протокол № 4

Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
30.01.2023 г. протокол № 5

Председатель _____ И.Ю. Мезин

Согласовано:

Зав. кафедрой Электроники и микроэлектроники

_____ Д.Ю. Усатый

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук
_____ Г.А.Дубский

Рецензент:

зав. кафедрой ПМИИ, д-р техн. наук _____ Ю.А.Извеков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

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 (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Физика конденсированного состояния входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Материалы и элементы электронной техники

Физика

Физические основы электроники

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Материалы и элементы электронной техники

Магнитные элементы электронных устройств

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

Технологические датчики

Основы проектирования электронной компонентной базы

Наноэлектроника

Элементы цифровой техники

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физика конденсированного состояния» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции |
|----------------|---|
| ПК-1 | Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений |
| ПК-1.1 | Разрабатывает эскизный проект, включающий: выбор структурной схемы электронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов и их оценки с точки зрения технических и экономических требований; рассчитывает все необходимые показатели структурной схемы электронного устройства или |

| | |
|--------|---|
| | системы, в том числе показатели качества; выбирает и обосновывает схемы вспомогательных устройств |
| ПК-1.2 | Производит технико-экономическое обоснование принятого решения с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации; сравнивает с аналогами по технико-экономическим характеристикам |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 11 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 93,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

| Раздел/ тема дисциплины | Курс | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) | | | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|--|------|--|-----------|-------------|---------------------------------|--|---|-------------------|
| | | Лек. | лаб. зан. | практ. зан. | | | | |
| 1. Типы конденсированных сред, симметрия и структура кристаллов | | | | | | | | |
| 1.1 Основные характеристики и свойства кристаллических, неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов. Определение структуры простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа. Методы описания и механизмы взаимодействия электрического и электромагнитного поля с решеткой. Динамика | 3 | 1 | | 1 | 10 | 1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | 1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу | | 1 | | 1 | 10 | | | |
| 2. Свободный электронный газ в полупроводниках и металлах. | | | | | | | | |
| 2.1 Расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа. | 3 | 1 | | 1 | 15 | 1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | 1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу | | 1 | | 1 | 15 | | | |
| 3. Зонная теория и ее приложения. | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|---|---|--|---|----|--|--|-------------------|
| 3.1 | Основные приближения зонной теории, свойства блоховского электрона, и особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы. Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений. Типы и роль примесей в полупроводниках. Статистика равновесных носителей заряда. Методы описания мелких и глубоких примесных состояний, методы расчета положения уровня Ферми в полупроводнике, особенности температурной зависимости концентрации носителей заряда, основные эффекты, проявляющиеся при высоком уровне легирования. | 3 | 1 | | 1 | 15 | 1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | 1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу | | | 1 | | 1 | 15 | | | |
| 4. Неравновесные носители заряда | | | | | | | | | |
| 4.1 | Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда. | 3 | 1 | | 1 | 15 | 1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | 1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу | | | 1 | | 1 | 15 | | | |
| 5. Магнетики, сверхпроводники. | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|------|--|--|-------------------|
| 5.1 Физическая природа магнетизма, основные типы магнетиков. Свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости. | 3 | 1 | | | 15 | 1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | 1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу | | 1 | | | 15 | | | |
| 6. Поверхность и контактные явления. | | | | | | | | |
| 6.1 Контактные явления в металлах и полупроводниках | 3 | 1 | | | 13,1 | 1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | 1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу | | 1 | | | 13,1 | | | |
| 7. Основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел. | | | | | | | | |
| 7.1 Методы экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, времени жизни, коэффициента диффузии носителей заряда в полупроводнике. | 3 | | | | 10 | 1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | 1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| Итого по разделу | | | | | 10 | | | |
| Итого за семестр | | 6 | | 4 | 93,1 | | зао | |
| Итого по дисциплине | | 6 | | 4 | 93,1 | | зачет с оценкой | |

5 Образовательные технологии

При реализации различных видов учебной работы наиболее эффективные результаты освоения дисциплины дают традиционные образовательные технологии, технологии проблемного обучения, интерактивные технологии, информационно-коммуникационные образовательные технологии.

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция - последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Семинар – беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

Лабораторно-практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

1. Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее за-планированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия.

2. Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных

технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Семинарское занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Дубский Г.А., Нефедьев А.А., Долгушин Д.М., Долгушина О.В., Мавринский В.В. Физика твердого тела [электронный ресурс]: учебное пособие - Магнитогорск: ФГБОУ ВО МГТУ им. Г.И.Носова, 2019.

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/book/91292>.

3. 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/book/90003>.

б) Дополнительная литература:

1. Корабельников, Д. В. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Д. В. Корабельников. — Кемерово : КемГУ, 2017. — 149 с. — ISBN 978-5-8353-2160-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103097>.

2. Филимонова, Н. И. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Р. П. Дикарева. — Новосибирск : НГТУ, 2016. — 136 с. — ISBN 978-5-7782-2960-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118444>.

3. Дубский Г.А., Дубская Т.Я., Бутаков С.А. Основы физики твердого тела: задачи и упражнения: учебное пособие. - Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2001. - 150 с.

в) Методические указания:

1. Дубский Г.А. Физика конденсированного состояния вещества: лабораторный практикум / Г.А. Дубский, А.А. Нефедьев, Т.Я. Дубская - Магнитогорск: из-во Магнитогорского гос.техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. - 155 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<https://e.lanbook.com/book/91292> 1. 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.

<https://e.lanbook.com/book/90003> Кульков, В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении : учебное пособие / В. Г. Кульков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с.

Программное обеспечение

| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007 | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|--|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: http://www1.fips.ru/ |

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа

Оснащение аудитории:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Оснащение:

Интерактивная доска, проектор;

Мультимедийный проектор, экран

3. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы.

Оснащение:

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Оснащение:

Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования