



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

14.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА***

Научная специальность

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	1
Семестр	1, 2

Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

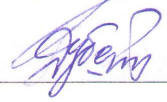
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
01.02.2022 , протокол № 4

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

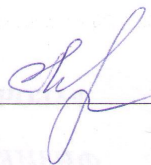
Рабочая программа одобрена методической комиссией ИБиС  
14.02.2022 г. протокол № 6

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук

 Г.А.Дубский

Рецензент:  
зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук

 О.С.Логонова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

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

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

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

КНС-1	Способен свободно владеть фундаментальными и прикладными разделами физики и математики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач по физике конденсированного состояния, в том числе и по физике наноструктурных объектов
КНС-4	Способен применять на практике навыки составления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов, написания статей по направлению физика конденсированного состояния и смежным направлениям

### 3. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 86 акад. часов;
- аудиторная – 86 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 130 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа студента	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Лек.	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 решетки, фононы.	1	6	9	24	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.
Итого по разделу		6	9	24	
2. Свободный электронный газ в полупроводниках и металлах.					
2.1 Расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа.	1	7	10	25	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.
Итого по разделу		7	10	25	
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.	1	9	3	15	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.
Итого по разделу		9	3	15	
Итого за семестр		22	22	64	зачёт
4. Неравновесные носители заряда					
4.1 Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда.	2	6	8	20	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.
Итого по разделу		6	8	20	
5. Магнетики, сверхпроводники.					
5.1 Физическая природа магнетизма, основные типы магнетиков. Свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости.	2	5	5	20	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.
Итого по разделу		5	5	20	
6. Поверхность и контактные явления.					
6.1 Контактные явления в металлах и полупроводниках	2	5	3	8	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.
Итого по разделу		5	3	8	
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.	2	5	5	18	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.

Итого по разделу	5	5	18	
Итого за семестр	21	21	66	зачёт
Итого по дисциплине	43	43	130	зачет

#### 4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Представлены в приложении 1.

#### 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

##### а) Основная литература:

1. Физика твердого тела : учебное пособие [для вузов] / Г. А. Дубский [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3822.pdf&show=dcatalogues/1/1530258/3822.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-1594-7. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

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. Дубский, Г. А. Физика конденсированного состояния вещества : лабораторный практикум / Г. А. Дубский, А. А. Нефедьев, Т. Я. Дубская ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2014 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1445.pdf&show=dcatalogues/1/1123966/1445.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

##### в) 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
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

## Приложение

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Оценочные средства
<p><b>КНС-1</b> Способен свободно владеть фундаментальными и прикладными разделами физики и математики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач по физике конденсированного состояния, в том числе и по физике наноструктурных объектов</p>
<p><i>использованием прикладных математических пакетов и программ для решения Практических заданий</i></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p>
<p><b>КНС-4</b> Способен применять на практике навыки составления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов, написания статей по направлению физика конденсированного состояния и смежным направлениям</p>
<p>Составить научный обзор по темам</p> <p>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</p> <p>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</p> <p>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</p> <p>Сделать научный доклад по темам</p> <p>1 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</p> <p>2 Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</p> <p>Сделать статью по темам</p> <p>Нормальные колебания линейной кристаллической решетки из одинаковых атомов: дисперсионная зависимость.</p> <p>Нормальные колебания линейной кристаллической решетки с базисом из двух атомов: дисперсионная зависимость.</p>



**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

**Показатели и критерии оценивания:**

– на оценку «**зачтено**» – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «**не зачтено**» – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.