**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Ректор
_____Рулевский В.М.
«29» _____06_____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Уровень образования: **высшее образование - программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**
Научная специальность: **1.3.8 Физика конденсированного состояния**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2022 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 36 | 36 | часов |
| Самостоятельная работа | 54 | 54 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 108 | часов |
| | 3 | 3 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 5 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Рулевский В.М.
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2022
Уникальный программный ключ:
02f96bc9-eb01-47c2-80dc-d14e3ac71ccf

Томск

Согласована на портале № 75470

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Углубление знаний по ряду теоретических проблем в области физики конденсированного состояния и знакомство с проблемами современной физики полупроводников, физического материаловедения.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение фундаментальных понятий, законов и теорий, относящихся к физике конденсированного состояния вещества.
2. Изучение методов физических исследований физики конденсированного состояния.
3. Сформировать у аспирантов общее представление о многообразии методов и подходов, используемых при решении задач, связанных с созданием новых материалов с требуемыми свойствами.
4. Научить аспирантов на практике применять базовые методы в современных технологических процессах.
5. Подготовить аспирантов к применению полученных знаний при проведении научных исследований.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: 2. Образовательный компонент.
Часть блока дисциплин: Дисциплины (модули).
Модуль дисциплин: Дисциплины (модули), в том числе направленные на сдачу КЭ.
Индекс дисциплины: 2.1.1.4.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.
Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 5 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 54 | 54 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 36 | 36 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 54 | 54 |
| Подготовка к зачету | 34 | 34 |
| Подготовка к тестированию | 20 | 20 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 108 | 108 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 3 | 3 |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) |
|---|---|---|---|---|

Согласована на портале № 75470

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | | |
| 1 Силы связи в твердых телах | 2 | 2 | 6 | 10 |
| 2 Симметрия твердых тел | 2 | 6 | 6 | 14 |
| 3 Дефекты в твердых телах | 1 | 2 | 6 | 9 |
| 4 Дифракция в кристаллах | 1 | 2 | 4 | 7 |
| 5 Колебания решетки | 1 | 2 | 6 | 9 |
| 6 Тепловые свойства твердых тел | 2 | 2 | 6 | 10 |
| 7 Электронные свойства твердых тел | 3 | 2 | 6 | 11 |
| 8 Магнитные свойства твердых тел | 2 | 6 | 4 | 12 |
| 9 Оптические и магнитооптические свойства твердых тел | 2 | 9 | 4 | 15 |
| 10 Сверхпроводимость | 2 | 3 | 6 | 11 |
| Итого за семестр | 18 | 36 | 54 | 108 |
| Итого | 18 | 36 | 54 | 108 |

### 4.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч |
|---|---|---|
| **5 семестр** | | |
| 1 Силы связи в твердых телах | Введение в дисциплину. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO3. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита | 2 |
| | Итого | 2 |
| 2 Симметрия твердых тел | Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве. | 2 |
| | Итого | 2 |

Согласована на портале № 75470

| | | |
|---|---|---|
| 3 Дефекты в твердых телах | Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации. | 1 |
| | Итого | 1 |
| 4 Дифракция в кристаллах | Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах. | 1 |
| | Итого | 1 |
| 5 Колебания решетки | Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электронфононное взаимодействие. | 1 |
| | Итого | 1 |
| 6 Тепловые свойства твердых тел | Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности. | 2 |
| | Итого | 2 |
| 7 Электронные свойства твердых тел | Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы | 3 |
| | Итого | 3 |

Согласована на портале № 75470

| | | |
|---|---|---|
| 8 Магнитные свойства твердых тел | Магнитное поле в магнетиках. Магнитные свойства твердых тел. Магнитные свойства атомов. Природа диамагнетизма. Природа парамагнетизма. Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетизм. Ферримагнетизма. Ферриты. Магнитный резонанс. | 2 |
| | Итого | 2 |
| 9 Оптические и магнитооптические свойства твердых тел | Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скинэффекты. Толщина скин-слоя. | 2 |
| | Итого | 2 |
| 10 Сверхпроводимость | Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель. | 2 |
| | Итого | 2 |
| | Итого за семестр | 18 |
| | Итого | 18 |

### 4.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 4.3.

Таблица 4.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч |
|---|---|---|
| **5 семестр** | | |
| 1 Силы связи в твердых телах | Химическая связь. Типы сил связи | 2 |
| | Итого | 2 |
| 2 Симметрия твердых тел | Кристаллическая решетка | 4 |
| | Пространственные и точечные группы | 2 |
| | Итого | 6 |
| 3 Дефекты в твердых телах | Точечные и линейные дефекты в конденсированных веществах | 2 |
| | Итого | 2 |
| 4 Дифракция в кристаллах | Дифракция рентгеновских лучей | 2 |
| | Итого | 2 |
| 5 Колебания решетки | Уравнения движения атомов | 2 |
| | Итого | 2 |
| 6 Тепловые свойства твердых тел | Тепловые свойства конденсированных веществ | 2 |
| | Итого | 2 |

Согласована на портале № 75470

| | | |
|---|---|---|
| 7 Электронные свойства твердых тел | Электронные свойства конденсированных веществ | 2 |
| | Итого | 2 |
| 8 Магнитные свойства твердых тел | Магнитные свойства конденсированных веществ | 6 |
| | Итого | 6 |
| 9 Оптические и магнитооптические свойства твердых тел | Поглощение света в конденсированных веществах | 3 |
| | Магнитооптические эффекты | 3 |
| | Оптические постоянные конденсированных веществ | 3 |
| | Итого | 9 |
| 10 Сверхпроводимость | Сверхпроводимость конденсированных веществ | 3 |
| | Итого | 3 |
| Итого за семестр | | 36 |
| Итого | | 36 |

### 4.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы и трудоемкость представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6. – Виды самостоятельной работы и трудоемкость

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формы контроля |
|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | |
| 1 Силы связи в твердых телах | Подготовка к зачету | 4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | |
| 2 Симметрия твердых тел | Подготовка к зачету | 4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | |
| 3 Дефекты в твердых телах | Подготовка к зачету | 4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | |
| 4 Дифракция в кристаллах | Подготовка к зачету | 2 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 4 | |
| 5 Колебания решетки | Подготовка к зачету | 4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | |
| 6 Тепловые свойства твердых тел | Подготовка к зачету | 4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | |
| 7 Электронные свойства твердых тел | Подготовка к зачету | 4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 75470

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Магнитные свойства твердых тел | Подготовка к зачету | 2 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 4 | |
| 9 Оптические и магнитооптические свойства твердых тел | Подготовка к зачету | 2 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 4 | |
| 10 Сверхпроводимость | Подготовка к зачету | 4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 54 | |
| Итого | | 54 | |

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Основная литература

1. «Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей.» (Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2023.

### 5.2. Дополнительная литература

1. Бондаренко, Г. Г. Радиационная физика, структура и прочность твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Бондаренко. — Москва : Лаборатория знаний, 2016. — 465 с. — ISBN 978-5-00101-413-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/90257.
2. Физика твердого тела : Учебное пособие для втузов / С. М. Кокин [и др.] ; ред. И. К. Верещагин. - 2-е изд., испр. - М. : Высшая школа, 2001. - 238[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 13 экз.).

### 5.3. Учебно-методические пособия

#### 5.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Задачи по физике твердого тела : Сборник задач : Пер. с англ. / ред. : Г. Дж. Голдсмид ; ред. пер. : А. А. Гусев, М. П. Шаскольская. - М. : Наука, 1976. - 430[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.).

#### 5.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

### 5.4. Современные профессиональные базы данных

Согласована на портале № 75470

**и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 6. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 6.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 6.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 217 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Ноутбук ASUS;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 6.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в

Согласована на портале № 75470

лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 7. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 7.1. Содержание оценочных материалов для промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения дисциплины используются оценочные материалы, представленные в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|
| 1 Силы связи в твердых телах | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Симметрия твердых тел | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Дефекты в твердых телах | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Дифракция в кристаллах | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Колебания решетки | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Тепловые свойства твердых тел | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Электронные свойства твердых тел | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Магнитные свойства твердых тел | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 9 Оптические и магнитооптические свойства твердых тел | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 10 Сверхпроводимость | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала комплексной оценки освоения дисциплины приведена в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Шкала комплексной оценки освоения дисциплины

| Оценка | Формулировка требований к степени освоения дисциплины |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |

Согласована на портале № 75470

| | |
|---|---|
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 7.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Тетрагональные решетки могут быть:
   1. простыми, объемо-центрированными и гранецентрированными;
   2. простыми и объемо-центрированными;
   3. простыми и базоцентрированными;
   4. простыми и гранецентрированными.
2. Для какой системы характерны следующие свойства: две кристаллические оси не перпендикулярны друг другу, но третья перпендикулярна им обеим, периоды трансляции различны во всех трех направлениях:
   1. триклинная;
   2. тетрагональная;
   3. моноклинная;
   4. гексагональная.
3. Фононы, как и фотоны, подчиняются статистике…
   1. Максвелла-Больцмана;
   2. Больцмана;
   3. Ферми-Дирака;
   4. Бозе-Эйнштейна.
4. Поведение теплоемкость при высоких температурах корректно описывает закон…
   1. Дебая;
   2. Дюлонга-Пти;
   3. Эйнштейна;
   4. Фурье.
5. Отражение медленных электронов от поверхности кристалла описывается:
   1. Законом Мозли;
   2. Законом Брэгга;
   3. Законом Планка;
   4. Законом Энштейна.
6. Возбуждение рентгеновского излучения в материалах высокоэнергетическими электронами описывается ...
   1. Законом Мозли;
   2. Законом Брэгга;
   3. Законом Планка;
   4. Законом Эйнштейна.
7. Величину, равную отношению электрического момента диэлектрика к его объему называют:
   1. диэлектрической проницаемостью среды;
   2. относительной диэлектрической восприимчивостью;
   3. поляризуемостью;
   4. дипольным моментом.

Согласована на портале № 75470

8. Как называется эмиссия электронов и ионов с поверхности материала при высоких напряжениях?
   1. Термоэмиссия;
   2. Фотоэмиссия;
   3. Полевая эмиссия;
   4. Ударная эмиссия.
9. Количество дислокации…
   1. не зависит от температуры;
   2. зависит от температуры по линейному закону;
   3. зависит от температуры по квадратичному закону;
   4. зависит от температуры по кубическому закону.
10. Один из возможных механизмов размножения дислокаций был предложен…
    1. Шоттки и Ридом;
    2. Франком и Ридом;
    3. Френкелем и Франком;
    4. Гиббсом и Ридом.

### 7.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Типы сил связи в конденсированном состоянии.
2. Химическая связь и ближний порядок.
3. Обратная решетка, ее свойства.
4. Зона Бриллюэна.
5. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции.
6. Эффект Холла.
7. Термо-ЭДС.
8. Фотопроводимость.
9. Намагниченность и восприимчивость.
10. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики.
11. Законы Кюри и Кюри – Вейсса.
12. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
13. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние.
14. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
15. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
16. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков.
17. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
18. Спиновые волны, магноны.
19. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях.
20. Электронный парамагнитный резонанс.
21. Ядерный магнитный резонанс.
22. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные.
23. Коэффициенты поглощения и отражения.
24. Соотношения Крамерса—Кронига.
25. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой).
26. Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
27. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
28. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скинэффекты. Толщина скин-слоя.
29. Сверхпроводимость. Критическая температура.
30. Высокотемпературные сверхпроводники.
31. Эффект Мейснера.
32. Критическое поле и критический ток.
33. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства.

Согласована на портале № 75470

34. Эффект Джозефсона.
35. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

### 7.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 7.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, вопросы к зачету | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 7.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

Согласована на портале № 75470

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 75470

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 132 от «25» 5 2022 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820 |
| Заведующий аспирантурой | Т.Ю. Коротина | Согласовано, 18966c56-f838-4e67-b162-635913de8505 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ФЭ | В.В. Каранский | Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8 |
| Доцент, каф. ФЭ | В.В. Каранский | Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ФЭ | В.В. Каранский | Разработано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8 |

Согласована на портале № 75470