

| | | |
|--|--|--------|
| Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор | МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | |
| Дата подписания: 17.06.2025 12:10:59 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3bbcb77a486b9a8788b8322325 | Рабочая программа дисциплины "Физика конденсированного состояния" по направлению подготовки (специальности) 03.03.02 "Физика" направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ» | стр. 1 |

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Физика конденсированного состояния

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2025

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2025 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Физика конденсированного состояния» состоит в обучении основным положениям физики конденсированного состояния.

Основные задачи дисциплины:

- изучение основ физики конденсированного состояния, основных понятий, законов и моделей, используемых для описания конденсированного состояния;
- изучение математического аппарата физики конденсированного состояния;
- изучение моделей физики конденсированного состояния;
- изучение основных экспериментальных фактов и их интерпретации.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физико-математических и (или) естественных наук;

ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физико-математических и (или) естественных наук;

ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, законов физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.37

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Теоретическая механика

Дифференциальные уравнения

Математический анализ

Электродинамика

Физика конденсированного состояния вещества

Механика сплошных сред

Квантовая теория

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;

Знать:

Для достижения ОПК-1.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели физики конденсированного состояния

Уметь:

Для достижения ОПК-1.2: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики конденсированного состояния

Владеть:

Для достижения ОПК-1.3: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации по физике конденсированного состояния

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:

3.1.1 теоретические основы, основные понятия, законы и модели физики конденсированного состояния

3.2 Уметь:



3.2.1 пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики конденсированного состояния

3.3 Владеть:

3.3.1 методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации по физике конденсированного состояния

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| | |
|--|--|
| Общая трудоемкость | 2 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану : 72 в том числе : аудиторные занятия : 20 самостоятельная работа : 49,9 контактная работа: 22,1 ИКР: 2,1 | Виды контроля в семестрах: зачеты 8 |

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Литература |
|-------------|---|----------------|-------|---|
| | Раздел 1. Введение | | | |
| 1.1 | Предмет, изучаемый ФКС. /Лек/ | 8 | 2 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| | Раздел 2. Динамика электронов | | | |
| 2.1 | Общие принципы описания динамики электронов. Функции Ваннье. Уравнение движения в представлении Ваннье. Пример решения уравнения движения в представлении Ваннье. Донорные примеси. Квазиклассическая динамика электронов. Тензор массы электронов. Электроны и дырки. Экситоны. Адиабатический принцип. Рассеяние электронов на фонах. /Лек/ | 8 | 4 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 2.2 | Общие принципы описания динамики электронов. Функции Ваннье. Уравнение движения в представлении Ваннье. Пример решения уравнения движения в представлении Ваннье. Донорные примеси. Квазиклассическая динамика электронов. Тензор массы электронов. Электроны и дырки. Экситоны. Адиабатический принцип. Рассеяние электронов на фонах. /Ср/ | 8 | 9,9 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| | Раздел 3. Кинетические свойства | | | |
| 3.1 | Уравнение Больцмана. Линеаризованное уравнение Больцмана. Электропроводность. Теплопроводность. Термоэлектрические эффекты. Эффект Холла. /Лек/ | 8 | 4 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 3.2 | Уравнение Больцмана. Линеаризованное уравнение Больцмана. Электропроводность. Теплопроводность. Термоэлектрические эффекты. Эффект Холла. /Ср/ | 8 | 10 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| | Раздел 4. Оптические свойства | | | |
| 4.1 | Оптические свойства. Постановка задачи. Межзонные прямые оптические переходы. Непрямые межзонные оптические переходы. Фотон – фононные переходы. Взаимодействие электромагнитного поля с электронами проводимости. /Лек/ | 8 | 4 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |



| | | | | |
|--|---|---|-----|---|
| 4.2 | Оптические свойства. Постановка задачи. Межзонные прямые оптические переходы. Непрямые межзонные оптические переходы. Фотон – фононные переходы. Взаимодействие электромагнитного поля с электронами проводимости. /Ср/ | 8 | 10 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| Раздел 5. Металлы в магнитном поле | | | | |
| 5.1 | Динамика электронов в магнитном поле. Циклотронный резонанс. Виды орбит электронов в магнитном поле. Магнетоакустический эффект. Квантование орбит электронов в магнитном поле. Эффект де Гааза – ван – Альфена. /Лек/ | 8 | 4 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 5.2 | Динамика электронов в магнитном поле. Циклотронный резонанс. Виды орбит электронов в магнитном поле. Магнетоакустический эффект. Квантование орбит электронов в магнитном поле. Эффект де Гааза – ван – Альфена. /Ср/ | 8 | 10 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| Раздел 6. Полупроводниковые приборы | | | | |
| 6.1 | Теория р-п перехода. Емкость р-п перехода. Время релаксации носителей заряда в р-п- переходе. Полупроводниковый диод. Полупроводниковый транзистор. Фотоэлектрический эффект в полупроводниках. Генерация света на р- п переходе. /Лек/ | 8 | 2 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| 6.2 | Теория р-п перехода. Емкость р-п перехода. Время релаксации носителей заряда в р-п- переходе. Полупроводниковый диод. Полупроводниковый транзистор. Фотоэлектрический эффект в полупроводниках. Генерация света на р- п переходе. /Ср/ | 8 | 10 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |
| Раздел 7. Иная контактная работа | | | | |
| 7.1 | Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/ | 8 | 2,1 | Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 |

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Контрольная работа
Вопросы к зачету

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Пример варианта контрольной работы

1. Доказать, что функции Ванье ортонормированные.
2. Решить задачу акцепторных примесей, аналогично донорным.

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Общие принципы описания динамики электронов.
2. Функции Ванье.
3. Уравнение движения в представлении Ванье.
4. Пример решения уравнения движения в представлении Ванье. Донорные примеси.
5. Квазиклассическая динамика электронов.
6. Тензор массы электронов.
7. Электроны и дырки.
8. Экситоны.
9. Адиабатический принцип.
10. Рассеяние электронов на фононах.
11. Уравнение Больцмана.
12. Линеаризованное уравнение Больцмана.



13. Электропроводность.
14. Теплопроводность.
15. Термоэлектрические эффекты.
16. Эффект Холла.
17. Оптические свойства. Постановка задачи.
18. Межзонные прямые оптические переходы.
19. Непрямые межзонные оптические переходы.
20. Фотон – фононные переходы.
21. Взаимодействие электромагнитного поля с электронами проводимости.
22. Динамика электронов в магнитном поле.
23. Циклотронный резонанс.
24. Виды орбит электронов в магнитном поле.
25. Магнетоакустический эффект.
26. Квантование орбит электронов в магнитном поле.
27. Эффект де Гааза – ван – Альфена.
28. Теория p-n перехода.
29. Емкость p-n перехода. Время релаксации носителей заряда в p-n- переходе.
30. Полупроводниковый диод.
31. Полупроводниковый транзистор.
32. Фотоэлектрический эффект в полупроводниках.
33. Генерация света на p-n переходе.

6.4. Критерии оценивания

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится в виде контрольных работ, а также в виде отчетов по темам самостоятельной работы, которые сдает студент в течение семестра. Номер варианта выполнения контрольных заданий назначается преподавателем.

На зачете студент получает оценку «зачтено» в случае успешной сдачи «теоретического минимума», который включает: знание основных понятий, название и физический смысл величин, вид основных распределений и соотношений (без вывода), определяемых вопросом билета.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Ресурс |
|------|---------------------|--|--------------------------|--------|
| Л1.1 | Киттель Ч. | Введение в физику твердого тела: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483361) | Москва : Наука, 1978 | ЭБС |
| Л1.2 | Займан Д. | Принципы теории твердого тела: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483413) | Москва : Мир, 1974 | ЭБС |
| Л1.3 | Абрикосов А. А. | Основы теории металлов: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67590) | Москва : Физматлит, 2010 | ЭБС |

7.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Ресурс |
|------|-----------------------|---|---------------------------------------|--------|
| Л2.1 | Жданов Г. С. | Физика твердого тела: монография (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=475621) | Москва : Издательство МГУ, 1962 | ЭБС |
| Л2.2 | Ашкрофт Н., Мермин Н. | Физика твердого тела: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483336) | Москва : Мир, 1979 | ЭБС |
| Л2.3 | Давыдов А. С. | Теория твердого тела: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483350) | Москва : Наука, 1976 | ЭБС |

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

| | |
|----|--|
| Э1 | Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: http://e.lanbook.com/ |
| Э2 | Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. – URL: http://biblioclub.ru/ |
| Э3 | Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. – URL: https://biblio-online.ru |



Э4 Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИИФРА-М. – URL: <http://znanium.com/>

Э5 eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader

LMS Moodle

Adobe Connect Acrobat

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – URL: <http://library.csu.ru/ru/> - Челябинск, 1992.

2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.

3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).

Используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медиацентр) (учебный корпус №1) для самостоятельной работы студента, оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния» осуществляется на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме.

Практические занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. На практических занятиях обучаемые овладевают основными методами и приемами решения задач. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводится контрольная работа и защиты задач по каждой теме практических занятий. Защита задач по теме подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы. Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение семестра.



В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

