

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 27.04.2026 15:35:42

Уникальный программный ключ:

04c19ed8bf98f3b6cb77a486b9a8788b8322323

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Физический факультет

Кафедра физики конденсированного состояния

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния»

Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния

Версия документа - 1

Стр. 1 из 27

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

А.И. Бирюков

« 29 » 12 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)*

2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния»

Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния


Высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения

очная


Челябинск, 2025

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

| | | | |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 2 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Программа по дисциплине «Физика конденсированного состояния» составлена в соответствии с паспортом научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния и федеральными государственными требованиями (уровень образования: высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации), утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951.

Разработчики программы:

Зав. кафедрой физики конденсированного состояния,
 доктор физико-математических наук, профессор _____  В.Д. Бучельников

Программа одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния от « 25 » 11 2025 г., протокол № 03 .

Программа утверждена на заседании Ученого совета физического факультета от « 04 » 12 2025 г., протокол № 03 .

Согласовано

Декан физического факультета




М.А. Загребин

Зав. отделом аспирантуры
 и докторантуры



Н.В. Бочкарева

| | | | |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 3 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Аннотация программы: Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к программам по подготовке к кандидатским экзаменам.

Дисциплина содержит сведения о строении твердых тел и жидкостях, способах их описания, об их электронных, механических, магнитных и других свойствах. История физики твердого тела. Агрегатные состояния вещества. Методология исследований. Экспериментальные и теоретические методы исследований. Классификация конденсированных сред с точки зрения расположения атомов в них. Принципы строения конденсированных систем, ближний и дальний порядок, функция радиального распределения частиц, пространственная когерентность, принципы плотной и валентной упаковок.

1. Цели и задачи освоения дисциплины.

Цель дисциплины – изучение фундаментальных основ описания конденсированного состояния вещества на основе общих методов квантовой теории, квантовой статистики и электродинамики, приобретение навыков решения и

исследования конкретных физических задач. Освоение этой дисциплины позволит проводить анализ проблем современной физики, а также использовать ее методы при преподавании физических дисциплин в высших учебных заведениях.


Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и методов физики конденсированного состояния;
- ознакомление с основными направлениями развития в области физики конденсированного состояния и ее приложениями.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» является обязательной. Преподавание дисциплины осуществляется на третьем курсе (6 семестре). Общая трудоемкость дисциплины, в том числе и промежуточная аттестация, составляет 3 зачетные единицы/108 часов, из них контактная работа с преподавателем составляет - 0,33 зачетных единиц/12 часов (практические – 12 часов), самостоятельная работа – 2,45 зачетных единиц/88 часов, контроль – 0,22 зачетных единиц/8 часов.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать фундаментальной подготовкой в области математики и физики в рамках университетского курса, а также современными методами исследований и программно-


| | | | |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 4 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

вычислительными средствами.

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации.

Требования к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося, необходимые при изучении дисциплины

| Знать | Уметь | Владеть |
|--|--|---|
| основные методы научно-исследовательской деятельности | выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач | навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования |
| цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов | составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты | систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме |
| основные направления, современные проблемы теоретической физики, теории и методы, новейшие достижения в конкретной области знаний в рамках направленности | использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности | основами методологии научного познания при изучении конкретной области знаний в рамках направленности |

| | | | |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 5 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |


3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины:

| Результаты обучения по дисциплине | |
|-----------------------------------|---|
| знать | основные понятия и методы физики конденсированного состояния |
| | основные направления, современные проблемы физики конденсированного состояния, теории и методы, новейшие достижения в конкретной области знаний в рамках направленности |
| уметь | формулировать задачи в области физики конденсированного состояния, применять математический аппарат, проводить анализ и интерпретацию полученных результатов |
| | использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности |
| владеть | представлениями об основных применениях в области физики конденсированного состояния, навыками решения конкретных физических задач; основами методологии научного познания при изучении конкретной области знаний в рамках направленности |

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины


| Вид работы | Семестр | | | | | | Всего |
|--------------------------------------|---------|---|---|---|---|---------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Общая трудоемкость, акад. часов | - | - | - | - | - | 108 | 108 |
| Контактная работа: | - | - | - | - | - | 12 | 12 |
| Лекции, акад. часов | - | - | - | - | - | - | - |
| Практические (семинары), акад. часов | - | - | - | - | - | 12 | 12 |
| Лабораторные работы, акад. часов | - | - | - | - | - | - | - |
| Самостоятельная работа, акад. часов | - | - | - | - | - | 88 | 88 |
| Контроль | - | - | - | - | - | 8 | 8 |
| Вид контроля (зачет, экзамен) | - | - | - | - | - | канд. экзамен | |

| | | | |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 6 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

4.2. Содержание разделов дисциплины

| № раздела | Наименование раздела | Количество часов | | | | | Форма текущего контроля | |
|-----------|---|------------------|-------------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------------------|--|
| | | Всего | Контактная работа | | | Самостоятельная работа | | |
| | | | Лекции | Практические, семинары | Лаб. работы | | | Контроль |
| 1 | Квазичастицы | 5 | | 1 | | | 4 | выполнение контрольных работ в соответствии с предложенными разделами дисциплины |
| 2 | Динамика электронов | 9 | | 1 | | | 8 | |
| 3 | Кинетические свойства | 16 | | 2 | | | 14 | |
| 4 | Оптические свойства | 13 | | 1 | | | 12 | |
| 5 | Металлы в магнитном поле | 16 | | 2 | | | 14 | |
| 6 | Полупроводники | 16 | | 2 | | | 14 | |
| 7 | Дополнительные вопросы физики конденсированного состояния | 14 | | 2 | | | 12 | |
| 8 | Реферат по диссертационному исследованию | 11 | | 1 | | | 10 | |
| 9 | Контроль | 8 | | | | 8 | | кандидат. экзамен |
| | Итого: | 108 | | 12 | | 8 | 88 | |

| № раздела | Наименование раздела | Содержание раздела* |
|-----------|----------------------|---|
| 1 | Квазичастицы | Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Состояния электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Акустические и оптические фононы. Плазмоны. Экситоны Френкеля и Ваннье. |
| 2 | Динамика электронов | 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 |


| | | | |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 7 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| | | |
|---|---|--|
| | | электронов. Электроны и дырки. Экситоны. Адиабатический принцип. Рассеяние электронов на фонах. Полярон Фрелиха. |
| 3 | Кинетические свойства | Уравнение Больцмана. Линеаризованное уравнение Больцмана. Электропроводность. Теплопроводность. Термоэлектрические эффекты. Эффект Холла. |
| 4 | Оптические свойства | Оптические свойства. Постановка задачи. Межзонные прямые оптические переходы. Непрямые межзонные оптические переходы. Фотон – фононные переходы. Поляритоны. Взаимодействие электромагнитного поля с электронами проводимости. |
| 5 | Металлы в магнитном поле | 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. |
| 6 | Физика конденсированного состояния вещества | Теория конденсированного состояния. Изучение различных состояний вещества и физических явлений в них. Теория фазовых переходов. |
| 7 | Полупроводники | Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки. Теория p перехода. Емкость p-n- перехода. Время релаксации носителей заряда в p-n- переходе. Полупроводниковый диод. Полупроводниковый транзистор. Фотоэлектрический эффект в полупроводниках. Генерация света на p-n-переходе. |
| 8 | Дополнительные вопросы физики конденсированного состояния | Конденсация бозонов. Сверхтекучесть. Сверхпроводимость. Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью. |

*Содержание разделов составлено в соответствии с паспортом научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

5. Образовательные технологии

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- интерактивные технологии;
- применение новых методов обучения, связанных с использованием возможностей виртуальной информационной среды (мультимедийные технологии).

| | | | |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 8 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |


В соответствии с утвержденной основной образовательной программой по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния) программа дисциплины «Физика конденсированного состояния» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности аспиранта и достижения ряда важнейших образовательных целей: стимулирование мотивации и интереса в области углубленного изучения теоретической физики в общеобразовательном и профессиональном плане; повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы; развитие навыков анализа, критичности мышления, научной коммуникации.


6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Физика конденсированного состояния»


| № | Контролируемые разделы дисциплины | Результаты обучения | Наименование оценочного средства |
|---|-----------------------------------|---|--|
| 1 | Квазичастицы | знать: динамика решетки. Адиабатическое приближение. Энергия кристаллической решетки. Роль трансляционной инвариантности. Колебания линейных цепочек. Общая классификация колебательных мод. Акустические и оптические колебания. | изучение основной и дополнительной литературы, подготовка конспектов, выполнение контрольных работ |

| | | | |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 9 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| | | | |
|---|---------------------|---|--|
| | | Колебания неидеальных решеток, локальные моды. Квантование колебаний решетки. Фононы. Энергия, импульс и квазиимпульс фонона; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач | |
| 2 | Динамика электронов | знать: динамика решетки. Адиабатическое приближение. Энергия кристаллической решетки. Роль трансляционной инвариантности. Колебания линейных цепочек. Общая классификация колебательных мод. Акустические и оптические колебания. Колебания неидеальных решеток, локальные моды. Квантование колебаний решетки. Фононы. Энергия, импульс и квазиимпульс фонона. Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов. Бесфононное, однофононное и двухфононное рассеяние. Рассеяние электромагнитного излучения. Рассеяние рентгеновского излучения. Бриллюэновское и Манделъштам-Рамановское рассеяние; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере | |

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 10 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| | | | |
|---|-----------------------|---|--|
| | | профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач | |
| 3 | Кинетические свойства | знать: основные типы конденсированных сред, симметричную классификацию кристаллических решеток, основные типы структурных дефектов, элементы теории упругости; особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа; методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки и их физические проявления; свойства и основные типы сверхпроводников, микроскопические модели сверхпроводимости; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач | |
| 4 | Оптические свойства | знать: модель свободных электронов. Теория металлов Друде. Статическая электропроводность. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца. Эффект Холла, постоянная Холла. Теплоемкость. Теория | |

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 11 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| | | | |
|---|--------------------------|--|--|
| | | <p>металлов Зоммерфельда. Уравнение Шредингера для свободных электронов. Граничное условие Борна-Кармана. Элементы зонной теории. Понятие о самосогласованном поле в кристаллах. Квантовая механика частицы в пространственно-периодическом поле. Блоховские волновые функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Закон дисперсии электронов в кристаллах: общие свойства, разрешенные и запрещенные зоны. Движение электронов в кристалле под действием внешних электрических и магнитных полей. Поверхность Ферми. Энергетическая щель. Природа энергетической щели. Электронные, дырочные и открытые орбиты. Квантование орбит эл-на во внешнем постоянном магнитном поле. Уровни Ландау для свободных электронов в магнитном поле. Уровни Ландау для блоховских электронов;</p> <p>уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности;</p> <p>владеть: навыками решения конкретных физических задач</p> | |
| 5 | Металлы в магнитном поле | <p>знать: намагниченность и восприимчивость. Гамильтониан взаимодействия</p> | |



Физический факультет

Кафедра физики конденсированного состояния

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния»

Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния


Версия документа - 1

Стр. 12 из 27


Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | атомов и молекул с магнитным полем, расщепление уровней. Диамагнетизм. Формула Ланжевена для диамагнитной восприимчивости. Связь Рассела-Саундерса. Правила Хунда. Парамагнетизм. Восприимчивость атомов с частично заполненной оболочкой. Парамагнетизм Ван Флека. Ланжевенский парамагнетизм. Функции Бриллюэна и Ланжевена. Закон Кюри. Примеры: Редкоземельные ионы и ионы переходных элементов. Расщепление уровней внутрикристаллическим полем. Замораживание орбитального углового момента. Спиновый парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау. Ферромагнетизм. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Магнитные домены. Спиновые волны - магноны. Антиферромагнетизм. Доменная структура. Ферромагнитные домены. Движение границ при намагничивании, эффект Баркгаузена. Техническое и истинное насыщение, гистерезис, остаточная намагниченность, коэрциативная сила, потери энергии, магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Магнитная анизотропия, направления легкого и | |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 13 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | <p>трудного намагничения. Наведенная, обменная, поверхностная анизотропия; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач</p> | |
| 6 | Полупроводники | <p>знать: полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Полупроводники. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки. Полупроводники с прямой и непрямой щелью. Оптическая и термическая активация. Легирование полупроводников. Доноры и акцепторы. Энергия примесных состояний. Полупроводниковые сверхрешетки. Квантование спектра. Системы пониженной размерности. Квантовый эффект Холла; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач</p> | |
| 7 | Дополнительные вопросы физики конденсированного состояния | <p>знать: сверхпроводимость. Основная феноменология. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Вихри Абрикосова. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.</p> | |

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 14 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | Эффект Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники. Уравнение Лондонов. Основные идеи теории Бардина-Купера-Шриффера. Электронные пары. Теория Гинзбурга-Ландау; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач | |
|--|--|--|--|

6.2. Оценочные средства


Текущий контроль

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий при выполнении самостоятельной работы, дискуссии на практических занятиях в соответствии с предложенными разделами дисциплины. Задания для текущего контроля при выполнении самостоятельной работы аспирантов – изучение основной и дополнительной литературы, подготовка конспектов и выполнение контрольных работ.

Промежуточная аттестация


Вопросы к экзамену формируются в соответствии с программой кандидатского экзамена и паспортом научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Реферат (на экзамене проводится собеседование и выставляется оценка). Подготовка реферата проводится в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к оформлению реферативных работ; реферативная работа представляет собой обзор мнений, точек зрения, научных положений по тематике диссертации.

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 15 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Вопросы к кандидатскому экзамену

1. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.
2. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферромагнетики. Магнитная структура ферромагнетиков.
3. 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.
4. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта, и Керра).
5. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
6. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
7. 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.
8. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
9. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
10. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
11. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван дер Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
12. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
13. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.
14. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 16 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

15. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

16. Приближение сильно связанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

17. 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.

18. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

19. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

20. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

21. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоэдс, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

22. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

23. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.


24. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейсснера. Критическое поле и критический ток.

25. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

26. Эффект Джозефсона.

27. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

28. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 17 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |


29. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
30. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
31. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
32. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
33. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
34. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.
35. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.
36. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене/зачете.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства.

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

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 18 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.


6.3. Критерии оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения проводится по пятибалльной шкале:
«Отлично» (5 баллов): грамотное и правильное использование в ответах научной терминологии; безошибочное владение категориальным аппаратом; умение обозначить основные проблемы сформулированных в билетах вопросов; умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования; логичность, связность ответа.

«Хорошо» (4 балла): грамотное и правильное использование в ответах научной терминологии; проблемное изложение сформулированных в билетах вопросов; умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования; логичность, связность ответа.

«Удовлетворительно» (3 балла): недостаточное использование в ответах научной терминологии; недостаточное владение категориальным аппаратом; умение обозначить только одну из проблем сформулированных в билетах вопросов;

«Неудовлетворительно» (1-2 балла): отсутствие в ответах необходимой научной терминологии; описательное изложение сформулированных в билетах вопросов, неумение обозначить и изложить проблемы; грубые ошибки при изложении фактологического материала; неумение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования; нарушение логичности, связности ответа.

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 19 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме на языке Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно на языке Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.


7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов в соответствии с предложенной учебной и научной литературой, самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- овладению приемами процесса познания и развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов.

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 20 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся:

Самостоятельная работа аспиранта является показателем научного потенциала, умения работы с литературными источниками и нормативными актами, материалами практики, способности аспиранта к самостоятельному анализу проблемных вопросов. Она состоит в изучении учебной и научной литературы, в выполнении заданий для самостоятельной работы.

Аспиранты очной формы обучения изучают и нарабатывают теоретический и практический материал по большей части самостоятельно. При изучении научной, учебной литературы необходимо сопоставить содержание имеющейся в наличии литературы с программой кандидатского экзамена по специальности. В случае отсутствия того или иного источника литературы, необходимо обратиться к фондам Российской государственной библиотеки (г. Москва). Аспирант должен провести тщательную подготовительную работу с научной литературой по своей специальности, освоить теоретические, общие и частные научные методы поиска.

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

Для лиц с нарушениями зрения:


- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 21 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |


Основная литература

(* литература, имеющаяся в библиотеке ЧелГУ или электронной библиотечной системе; ** литература, имеющаяся в электронной библиотечной системе)

1. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 2013.*
2. П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2010.*
3. В.А. Кацнельсон. Введение в физику твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 2010.*
4. В.И. Зиненко, Б.П. Сорокин, П.П. Турчин Основы физики твердого тела. – Изд-во физматлит, М. 2011.
5. А.С. Илюшин, А.П. Орешко. Дифракционный структурный анализ. М. 2013. 615 с*.
- 6*. Ольховский, И. И. Курс теоретической механики для физиков [Текст] : учебное пособие для вузов / И. И. Ольховский. — Изд. 4-е, стер. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2009. — 574 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Библиогр.: с. 565-566. — Предм. указ.: с. 567-574. — ISBN 978-5-8114-0857-3.
- 7*. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2006. - Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. - 544 с. - ISBN 5-9221-0601-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82995](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82995)
- 8*. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 2-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2002. - Т. 5. Атомная и ядерная физика. - 783 с. - ISBN 5-9221-0230-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991)
- 9*. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 4-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2005. - Т. 1. Механика. - 560 с. - ISBN 5-9221-0225-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978)

Дополнительная литература

1. Киттель, Ч. Статистическая термодинамика/ пер. с англ. О. А. Ольхова под ред. С. П. Капицы/. — М.: Наука, 1977. — 336 с.*
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: В 10 томах: учебное пособие для студентов вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, . IX. Статистическая физика. - Ч. 2: Теория конденсированного состояния / Е.М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. — 1978. — 448 с. : ил.*
3. Анималу А., Квантовая теория кристаллических твердых тел. - М.: Мир,

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 22 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

1981. - 574 с. *

4. Ашкрофт Н., Мермин Н., Физика твердого тела. - М.: Мир, 1981. - 458 с.
5. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И., Электронная теория металлов. - М.: Мир, 1971. - 209 с.*
6. Абрикосов А.А., Основы теории металлов.- М.: Наука, 1987. - 520 с.*
7. Давыдов А.С., Теория твердого тела. М.: Наука, 1976. - 640 с.*
8. Е.А. Беленков. Качественный рентгенофазовый анализ. Лабораторный практикум по рентгеноструктурному анализу. Челябин.госуд. ун-т, 1996*.
9. В. А. Тюменцев, Ш. Ш. Ягафаров, С. И. Саунина. Применение методов электронной микроскопии в материаловедении. Учебно-методическое пособие. Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2002 г. 100 с.*
10. В. Д. Бучельников. Физика магнитоупорядоченных сред. Учеб. пособие. Челябинск: ЧелГУ, 1996 г. 125 с. *
- 11*. Ландсберг, Г.С. Оптика : учебное пособие / Г.С. Ландсберг. - 6-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2010. - 848 с. - ISBN 978-5-9221-0314-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82969](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82969).
- 12*. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 3-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2002. - Т. 4. Оптика. - 792 с. - ISBN 5-9221-0228-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82981](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82981)

Электронные фонды и ресурсы

Средством доступа к системе собственных электронных ресурсов является сайт библиотеки www.lib.csu.ru. Электронный каталог обеспечивает полное и оперативное представление о библиотечном фонде, повышает качество и эффективность поиска информации – более ,5 млн. записей.

1. Электронный каталог. Библиографические базы данных.


Книги, электронные ресурсы, диссертации и авторефераты.

2. Электронная библиотека.

Издания ЧелГУ, УМК; диссертации, защищенные в советах ЧелГУ, резервные коллекции, фонд редких книг, электронный справочник «Информо», статистические издания России и стран СНГ.

3. Реферативные

Базы данных ИНИОН РАН, базы данных ВИНТИ, Scopus (<http://www.scopus.com>), Science (архив).

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 23 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

4. Полнотекстовые

Базы данных диссертаций РГБ, АРБИКОН, SIGLA, научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>, подписка на полнотекстовую коллекцию российских научных журналов (20-205, 48 наименований), издательств: Taylor&Francis, Sage Publications (архив научных журналов); Springer, Wiley (<http://onlinelibrary.wiley.com>).

5. Электронно-библиотечные системы с возможностью пользования лицензионными материалами из любой точки, имеющей доступ к сети Интернет (регистрация из сети университета персонального аккаунта): Университетская библиотека онлайн (www.biblioclub.ru), Лань (www.e.lanbook.com).

Интернет-ресурсы

Библиотечно-поисковые системы


• sigla.ru - Сигла - российский поисковый портал межбиблиотечной информации;

Персонально-ориентированные научные, поисковые, информационные порталы

- <http://www.astronet.ru/> - Российская Астрономическая сеть;
- www.mendeley.com – Mendeley;
- www.phy.org/Science/Physics/ - Phy.org;
- <https://mapofscience.ru> - Карта российской науки;
- elementy.ru - Элементы большой науки;
- Электронный каталог Springer <http://www.springer.com/>

Электронные библиотеки и сайты издательств, доступные полностью или частично

- <https://doaj.org/> - DOAJ - Directory of Open Ecess Journals;
- <http://www.euro-math-soc.eu/digital-libraries> - The European Mathematical Society. Digital Libraries;
- eLIBRARY.RU – Научная электронная библиотека;
- <http://www.emis.de/ELibM.html> - The Electronic Library of Mathematics;
- <http://cds.cern.ch/> - CERN Document Server;
- <http://iopscience.iop.org/journals> - Institute of Physics Publishing;
- <http://www.physnet.de/PhysNet/journals.html> - Physics related free-access Journals;

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 24 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

- <http://sci-lib.com/> - Большая научная библиотека;
- <http://sci-lib.com/> - Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов;
- <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский Математический Портал Math-Net.Ru (журналы Академиздатцентра "Наука" РАН);
- <http://lib.mexmat.ru/> - Электронная библиотека Мехмата МГУ;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Электронная библиотека РФФИ;

Периодические издания в открытом доступе

- <http://www.scientific-publications.net/en/> - Journal of International Scientific Publications;
- <http://www.hindawi.com/journals/physri/> - Physics Research International;
- <http://num-meth.srcc.msu.su/> - Вычислительные методы и программирование. Новые вычислительные технологии;
- <http://www.math.spbu.ru/diffjournal/RU/collection.html> - Дифференциальные уравнения и процессы управления;
- <http://journals.ioffe.ru/jtf/> - Журнал технической физики
- <http://www.jetp.ac.ru/> - Журнал экспериментальной и теоретической физики;
- <http://trv-science.ru/> - Троицкий вариант – Наука;
- <http://ufn.ru/> - Успехи физических наук;

Препринты в открытом доступе


- arXiv.org;
- <http://preprints.lebedev.ru/> - Препринты ФИАН

Лицензионное программное обеспечение по дисциплине (модулю)

1. Windows 10 Pro (Договор № АЭ-44/57/18 от 30 октября 2018 г. Лицензии бессрочные.).
2. Microsoft Office профессиональный 2016 (Договор № АЭ-44/57/18 от 30 октября 2018 г. Лицензии бессрочные).

8. Материально-техническое обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине «Физика конденсированного состояния», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 25 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, а также эффективное выполнение выпускной квалификационной работы (диссертации):


- лекционные аудитории, оснащенные мультимедийными комплексами на основе антивандальной трибуны;
- специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;
- методические материалы для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

На физическом факультете имеются учебные, научно-исследовательские лаборатории, оснащенные современными компьютерами и мультимедийными комплексами, современными приборами: учебно-вычислительная лаборатория (компьютерный класс каб.222), лаборатория рентгеноструктурного анализа (каб.126), лаборатория электронной микроскопии (каб. 121, 123), лаборатория физико-химических исследований (каб.131), Центр коллективного пользования «Наукоемкие технологии» (каб.126 в, г), совместная с ИРЭ РАН (г. Москва) лаборатория «Физики магнитных явлений» № 101(4). Все компьютеры кафедр и лабораторий физического факультета объединены локальной сетью, имеют выход в Интернет.

Университет располагает компьютерными классами, объединенными в локальную сеть, выходом в Интернет, оснащенными современными высокопроизводительными компьютерами. Поддерживается собственный сайт: <http://csu.ru>.

Для получения высшего образования по программам аспирантуры инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья в университете имеются аудитории, оснащенные следующим оборудованием:

| Название кабинета | Оборудование |
|---|--|
| Тифлотехническая аудитория, кабинет А-28 первого учебного корпуса | Тифлотехнические средства: брайлевский компьютер с дисплеем и принтером, тифлокомплекс «Читающая машина», телевизионное увеличивающее устройство, тифломагнитолы кассетные (3 шт.) и цифровые диктофоны (6 шт.). Специальное программное обеспечение: программа речевой навигации JAWS, речевые синтезаторы («говорящая мышь»), экранные лупы. |

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 26 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| | |
|---|--|
| Сурдотехническая аудитория, кабинет А-27 первого учебного корпуса | Радиокласс “Сонет-Р” (на 6 человек), программируемые слуховые аппараты (6 шт.) индивидуального пользования с устройством задания режима работы на компьютере, аудиотехника. |
| Аудитория адаптивных информационных технологий, кабинет А-27 первого учебного корпуса | Компьютерный класс на 2 мест, интерактивная доска ActiveBoard с системой голосования, акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор, телевизор, видеомагнитофон, устройство видеоконференцсвязи VCON HD3000. |

Все указанные в настоящей рабочей программе дисциплины методическое и техническое обеспечение учебного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляется Региональным учебно-научным центром инклюзивного образования ЧелГУ.


9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий при выполнении самостоятельной работы, дискуссии на практических занятиях в соответствии с предложенными разделами дисциплины. Задания для текущего контроля при выполнении самостоятельной работы аспирантов – изучение основной и дополнительной литературы, подготовка конспектов.

Методические указания к составлению конспекта

Конспекты представляют собой особую организацию теоретического учебного материала в виде отображения кратких выводов, поясняющих рисунков, символов, схем, графиков и так далее, зрительно подчеркивающего соотношения зависимости явлений, характеризующих определенную проблему.

В конспекте в определенной логической последовательности излагается главная информация по теоретическим блокам тем, разделов изучаемой дисциплины. В конспект вводятся и разъясняются все базисные понятия, теории и методы, приводятся иллюстративные примеры. Выполнение такой работы способствует усвоению материала, его запоминанию и осмыслению, развитию образного, логического и абстрактного мышления.

| | | | |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») | | | |
| Физический факультет Кафедра физики конденсированного состояния | | | |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Физика конденсированного состояния» Научная специальность – 1.3.8. Физика конденсированного состояния Направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния | | | |
| Версия документа - 1 | Стр. 27 из 27 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям, выполнению работы на практических занятиях

В часы практических занятий обучающиеся выполняют различные виды заданий: практические задачи / подготовка реферата и его доклад.

При решении практических задач необходимо обеспечить обоснованность решения; логичную последовательность и убедительность изложения своих доводов, каждый из которых должен быть связан с предыдущим, что обеспечивает формирование логического мышления; навыки краткой и точной формулировки промежуточных выводов и итогового решения. \

Подготовка реферата развивает самостоятельность мышления, способствует формированию научных интересов аспирантов, приобретению навыков самостоятельной работы с литературой, приобщает к определенному уровню научно-исследовательской деятельности, помогает освоить практику написания научных трудов, технику научной работы, приемы оформления текста рукописи. В реферате обучающийся должен показать уровень приобретенных теоретических и практических навыков, выявить имеющиеся общетеоретические и практические проблемы / разработать рекомендации, имеющие теоретические и практическое значение / сформулировать предложения, имеющие важное теоретическое значение / высказать собственные суждения.

При работе на практических занятиях происходят групповые дискуссии, анализируются ситуации, осуществляются иные технологии сотрудничества, у обучающихся формируется логическое мышление, навыки принятия решений, командной работы, межличностной коммуникации, лидерские качества.

Методические указания к самостоятельной работе обучающихся

Эффективное освоение дисциплины невозможно без самостоятельной работы аспиранта. Целью самостоятельной работы является успешное овладение материалом дисциплины, развитие самостоятельности, ответственности и организованности. При выполнении самостоятельной работы проявляется творческий подход к решению проблем и поставленных вопросов.

Самостоятельная работа включает в себя проработку теоретического материала, изучение рекомендуемой литературы, подготовку к занятиям семинарского типа. Также самостоятельная работа может заключаться в выполнении практико-ориентированных заданий (заполнение таблиц, проведение сравнительного анализа, составление схем и др.), решении практических задач, написании рефератов.