

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ У.Д. АЛИЕВА»

Физико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по УР
М. Х. Чанкаев
«30» апреля 2025г., протокол № 8

Рабочая программа дисциплины

Физика сверхпроводимости

(Наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки

44.04.01 Педагогическое образование

(шифр, название направления)

Направленность (профиль) подготовки

Физическое образование

Квалификация выпускника

магистр

Форма обучения

очная

Год начала подготовки - 2025

(по учебному плану)

Карачаевск 2025 г.

Составитель: *д.ф.-м.н., проф. кафедры физики Урусова Б.И.*

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 44.04.01 Педагогическое образование, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.02.2018 №126, на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 44.04.01 Педагогическое образование, направленность (профиль) программы Физическое образование; локальными актами КЧГУ.

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физики на 2025-2026
уч. год

Протокол № 7 от 28 апреля 2025 г.

и.о. зав. кафедрой физики _____

/Лайпанов М.З./

Оглавление

1. Наименование дисциплины (модуля):.....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	4
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	5
5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	6
5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	6
5.2. Примерная тематика курсовых работ	7
Не предусмотрены учебным планом.	7
6. Основные формы учебной работы и образовательные технологии, используемые при реализации образовательной программы.....	7
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)	9
7.1. Индикаторы оценивания сформированности компетенций	9
7.2. Перевод бально-рейтинговых показателей оценки качества подготовки обучающихся в отметки традиционной системы оценивания.	11
7.3. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценивания сформированности компетенций в процессе освоения учебной дисциплины	11
7.3.1. Перечень вопросов для зачета/экзамена	11
7.3.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенций.....	12
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	13
8.1. Основная литература:	13
8.2. Дополнительная литература:	14
9. Требования к условиям реализации рабочей программы дисциплины (модуля)	14
9.1. Общесистемные требования	14
9.2. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	15
9.3. Необходимый комплект лицензионного программного обеспечения.....	15
9.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы	15
10. Особенности организации образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья	16
11. Лист регистрации изменений	17

1. Наименование дисциплины (модуля):

Физика сверхпроводимости

Целью изучения дисциплины является:

- изучение студентами теории физики сверхпроводимости;
- овладение студентами на основе физической модели технологического процесса построением адекватной математической модели, базирующейся на законах сохранения массы, импульса и энергии и учитывающей основные особенности процесса;
- ознакомление с наноструктурными сверхпроводниками.

Для достижения цели ставятся задачи:

- изучить явление сверхпроводимости, магнитные и тепловые свойства сверхпроводников, фазовые переходы, высокотемпературную сверхпроводимость;
- уметь использовать знания, умения и навыки в области теории и практики общей физики для освоения теоретических основ и методов исследований в области физики сверхпроводимости;
- владеть современным уровнем знаний в области физики наноструктур и сверхпроводимости.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина ФТД.02 «Физика сверхпроводимости» относится к блоку – «Блок 1. Дисциплины (модули)», к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 3 семестре.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПВО	
Индекс	ФТД.02
Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
Для освоения дисциплины обучающиеся используют компетенции, полученные на предыдущем уровне образования.	
Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
Изучение дисциплины «Физика сверхпроводимости» необходимо для успешного освоения дисциплин профессионального цикла	

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Физика сверхпроводимости» направлен на формирование следующих компетенций обучающегося:

Код компетенций	Содержание компетенции в соответствии с ФГОС ВО/ОПВО	Индикаторы достижения сформированности компетенций
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК.М-1.1 анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК.М-1.2 определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению УК.М-1.3 критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой

		информацией из разных источников УК.М-1.4 разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов УК.М-1.5 строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения
--	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 2 ЗЕТ, 72 академических часа.

Объём дисциплины	Всего часов		
	Очная форма обучения	Очно-заочная форма обучения	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	72		
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)			
Аудиторная работа (всего):	36		
в том числе:			
лекции	-		
семинары, практические занятия	36		
практикумы	-		
лабораторные работы	-		
Внеаудиторная работа:			
консультация перед зачетом	-		
Внеаудиторная работа также включает индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, групповые, индивидуальные консультации и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, творческую работу (эссе), рефераты, контрольные работы и др.			
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	36		
Контроль самостоятельной работы	-		
Вид промежуточной аттестации обучающегося (зачет / экзамен)	зачет		

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Очная форма обучения

№ п/п	Курс/ семестр	Раздел, тема дисциплины	Общая трудоемкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
			Всего 72	Аудиторные уч. занятия			Сам. работа
				Лек.	Пр.	Лаб.	
1.	2/3	Раздел 1. Введение в теорию сверхпроводимости. Основные семейства и физические свойства высокотемпературных сверхпроводников	22		10		12
2.		Важнейшие этапы возникновения и развития физики сверхпроводников. Нобелевские премии по сверхпроводимости и сверхтекучести.			2		
3.		Высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП). Основные свойства высокотемпературных сверхпроводников. Эффект Мейснера и Джозефсона.			2		
4.		Функционал свободной энергии Гинзбурга-Ландау. Нелинейное уравнение Шредингера для параметра порядка и уравнение Лондона для сверхпроводящего тока.			2		
5.		Сверхпроводники первого и второго рода. Физические свойства и			4		

		кристаллографическая структура ВТСП-систем. Необычные нормальные свойства и фазовая диаграмма ВТСП-систем.					
		Раздел 2. Магнетизм. Сильно-коррелированные электронные системы	22		10		12
1.		Базовые теоретические модели сильно-коррелированных электронных систем. Модели слабо-неидеального ферми-газа с притяжением и отталкиванием.			4		
2.		Модель Хаббарда с притяжением и отталкиванием на решётке. Модель Шубина-Вонсовского и t-J модель			4		
3.		Модель Кондо-решётки и модель двойного обмена де Жена. Ферромагнетики (ФМ) и антиферромагнетики (АФМ).			2		
4.		Парамагнетики и спиновые стёкла. Физический электрон в сильно-коррелированной среде как композитная частица. Спиноны и холоны.					
5.		Раздел 3. Электронный транспорт в металлах. Теория локализации. Мезоскопика и нанofизика	24		16		12
6.		Мезоскопическая физика - введение в предмет. Полупроводниковые и сверхпроводящие структуры как основа нанoeлектроники.			4		

7.		Минимальная металлическая проводимость Мотта-Регеля в грязных металлах. Переходы металл-диэлектрик Мотта-Хаббарда и Фервея в узкозонных системах с сильными электронными корреляциями.			4		
8.		Возвратные траектории электронов и фокусировка. Сильный и слабый беспорядок. Локализованные и делокализованные состояния.			4		
9.		Квантовый эффект Холла и применение в метрологии. Дробный заряд и вариационная функция Лафлина для дробного квантового эффекта Холла.			2		
10.		Введение в теорию квантового компьютера. Стёкла и другие двухуровневые системы. Бит и кубит. Запутанные состояния.			2		
11.		Всего	72		36		36

5.2. Примерная тематика курсовых работ

Не предусмотрены учебным планом.

6. Основные формы учебной работы и образовательные технологии, используемые при реализации образовательной программы

Лекционные занятия. Лекция является основной формой учебной работы в вузе, она является наиболее важным средством теоретической подготовки обучающихся. На лекциях рекомендуется деятельность обучающегося в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование основных положений лекции. Основная дидактическая цель лекции - обеспечение ориентировочной основы для дальнейшего усвоения учебного материала. Лекторами активно используются: лекция-диалог, лекция - визуализация, лекция - презентация. Лекция - беседа, или «диалог с аудиторией», представляет собой непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Ее преимущество состоит в том, что она позволяет привлекать внимание слушателей к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей аудитории. Участие обучающихся в лекции – беседе обеспечивается вопросами к аудитории, которые могут быть как элементарными, так и проблемными.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру дисциплины и его разделы, а в дальнейшем указывать начало каждого раздела (модуля), суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины. Для эффективного проведения лекционного занятия рекомендуется соблюдать последовательность ее основных этапов:

1. формулировку темы лекции;
2. указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
3. изложение вводной части;
4. изложение основной части лекции;
5. краткие выводы по каждому из вопросов;
6. заключение;
7. рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам.

Лабораторные работы и практические занятия. Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и практические занятия, определяются учебными планами. Лабораторные работы и практические занятия относятся к основным видам учебных занятий и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки. Выполнение студентом лабораторных работ и практических занятий направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин математического и общего естественно-научного, общепрофессионального и профессионального циклов;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива. Методические рекомендации разработаны с целью единого подхода к организации и проведению лабораторных и практических занятий.

Лабораторная работа — это форма организации учебного процесса, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя самостоятельно проводят опыты, измерения, элементарные исследования на основе специально разработанных заданий. Лабораторная работа как вид учебного занятия должна проводиться в специально оборудованных учебных аудиториях. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы. Дидактические цели лабораторных занятий:

- формирование умений решать практические задачи путем постановки опыта;
- экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, экспериментальная проверка формул, расчетов;
- наблюдение и изучения явлений и процессов, поиск закономерностей;
- изучение устройства и работы приборов, аппаратов, другого оборудования, их испытание;
- экспериментальная проверка расчетов, формул.

Практическое занятие — это форма организации учебного процесса, направленная на выработку у студентов практических умений для изучения последующих дисциплин (модулей) и для решения профессиональных задач. Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях. Необходимыми структурными элементами практического занятия, помимо

самостоятельной деятельности студентов, являются анализ и оценка выполненных работ и степени овладения студентами запланированными умениями. Дидактические цели практических занятий: формирование умений (аналитических, проектировочных, конструктивных), необходимых для изучения последующих дисциплин (модулей) и для будущей профессиональной деятельности.

Семинар - форма обучения, имеющая цель углубить и систематизировать изучение наиболее важных и типичных для будущей профессиональной деятельности обучаемых тем и разделов учебной дисциплины. Семинар - метод обучения анализу теоретических и практических проблем, это коллективный поиск путей решений специально созданных проблемных ситуаций. Для студентов главная задача состоит в том, чтобы усвоить содержание учебного материала темы, которая выносится на обсуждение, подготовиться к выступлению и дискуссии. Семинар - активный метод обучения, в применении которого должна преобладать продуктивная деятельность студентов. Он должен развивать и закреплять у студентов навыки самостоятельной работы, умения составлять планы теоретических докладов, их тезисы, готовить развернутые сообщения и выступать с ними перед аудиторией, участвовать в дискуссии и обсуждении.

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет обучающимся проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

Образовательные технологии. При проведении учебных занятий по дисциплине используются традиционные и инновационные, в том числе информационные образовательные технологии, включая при необходимости применение активных и интерактивных методов обучения.

Традиционные образовательные технологии реализуются, преимущественно, в процессе лекционных и практических (семинарских, лабораторных) занятий. Инновационные образовательные технологии используются в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов в виде применения активных и интерактивных методов обучения. Информационные образовательные технологии реализуются в процессе использования электронно-библиотечных систем, электронных образовательных ресурсов и элементов электронного обучения в электронной информационно-образовательной среде для активизации учебного процесса и самостоятельной работы студентов.

Практические занятия могут проводиться в форме групповой дискуссии, «мозговой атаки», разборка кейсов, решения практических задач, публичная презентация проекта и др. Прежде, чем дать группе информацию, важно подготовить участников, активизировать их ментальные процессы, включить их внимание, развивать кооперацию и сотрудничество при принятии решений.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Индикаторы оценивания сформированности компетенций

Компетенции	Зачтено			Не зачтено
	Высокий уровень (отлично) (86-100% баллов)	Средний уровень (хорошо) (71-85% баллов)	Низкий уровень (удовлетворительно) (56-70% баллов)	Ниже порогового уровня (неудовлетворительн о) (до 55 % баллов)
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК.М-1.1 анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК.М-1.2 определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению УК.М-1.3 критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников УК.М-1.4 разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов УК.М-1.5 строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения	УК.М-1.1 анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК.М-1.2 определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению УК.М-1.3 критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников УК.М-1.4 разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов УК.М-1.5 строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения	УК.М-1.1 анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК.М-1.2 определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению УК.М-1.3 критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников УК.М-1.4 разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов УК.М-1.5 строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения	УК.М-1.1 анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК.М-1.2 определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению УК.М-1.3 критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников УК.М-1.4 разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов УК.М-1.5 строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения

7.2. Перевод бально-рейтинговых показателей оценки качества подготовки обучающихся в отметки традиционной системы оценивания.

Порядок функционирования внутренней системы оценки качества подготовки обучающихся и перевод бально-рейтинговых показателей обучающихся в отметки традиционной системы оценивания проводится в соответствии с положением КЧГУ «Положение о бально-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся», размещенным на сайте Университета по адресу: <https://kchgu.ru/inYE-lokalnye-akty/>

7.3. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценивания сформированности компетенций в процессе освоения учебной дисциплины

7.3.1. Перечень вопросов для зачета/экзамена

Вопросы для зачета:

- 1 Даты, авторы и значение основных открытий в области сверхпроводимости.
- 2 Сверхпроводимость как макроскопическое квантовое явление. Экспериментальные свидетельства и феноменологическое описание. В чем заключается фундаментальное отличие сверхпроводника от идеального классического проводника? В каком случае имеет место квантование магнитного потока и квантование скорости сверхпроводящих пар? Квант магнитного потока. Почему сверхпроводимость является макроскопическим квантовым явлением?
- 3 Теория Гинзбурга–Ландау. Написать выражение для свободной энергии Гинзбурга–Ландау. Вывести уравнения теории Гинзбурга–Ландау. Физический смысл глубины проникновения магнитного поля, длины когерентности и параметра теории Гинзбурга–Ландау. Физический смысл различия между сверхпроводниками первого и второго рода.
- 4 Сверхпроводники II рода. Многосвязное сверхпроводящее состояние. Общее и различия в описании многосвязного сверхпроводящего состояния в модели Мендельсона и теории Абрикосова. Показать, что вихрь Абрикосова есть сингулярность в смешанном состоянии с фазовой когерентностью. Написать приближенное выражение для первого уравнения теории Гинзбурга-Ландау, применимое вблизи второго критического поля H_{c2} . Получить выражение для второго критического поля H_{c2} . Сколько дальних порядков предсказывается в работе Абрикосова? Какой смысл имеет параметр теории Абрикосова? Написать выражение для свободной энергии Гинзбурга-Ландау в приближении низшего уровня Ландау и получить выражения для средней плотности параметра порядка вблизи H_{c2} .
- 5 Кинетические явления в сверхпроводящем состоянии. Получить выражение для скорости распаривания из теории Гинзбурга-Ландау. Почему разность потенциалов не разгоняет сверхпроводящие пары до бесконечности в центрах проскальзывания фазы? Описать процесс возникновения сопротивления при движении вихрей в состоянии Абрикосова. Пиннинг вихрей. Крип вихревой структуры.
- 6 Слабая сверхпроводимость. Андреевское отражение. Одночастичное туннелирование. Стационарный эффект Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Туннельный контакт в магнитном поле.
- 7 Основы теории Бардина–Купера–Шриффера. Почему для существования сверхпроводимости необходимо наличие щели в энергетическом спектре квазичастиц?

В чем состояла сложность объяснения эффекта сверхпроводимости? Что является причиной спаривания в обычных низкотемпературных сверхпроводниках? Какой экспериментальный результат стимулировал поиск спаривания электронов через фононное взаимодействие? Изменение спектра квазичастиц при куперовском спаривании. Щель в спектре состояний при нулевой и конечной температуре. Смысл преобразования Боголюбова. Основное состояние в теории БКШ. Функция состояний и плотность состояний.

1 Даты, авторы и значение основных открытий в области сверхпроводимости.

2 Сверхпроводимость как макроскопическое квантовое явление. Экспериментальные свидетельства и феноменологическое описание. В чем заключается фундаментальное отличие сверхпроводника от идеального классического проводника? В каком случае имеет место квантование магнитного потока и квантование скорости сверхпроводящих пар? Квант магнитного потока. Почему сверхпроводимость является макроскопическим квантовым явлением?

3 Теория Гинзбурга–Ландау. Написать выражение для свободной энергии Гинзбурга–Ландау. Вывести уравнения теории Гинзбурга–Ландау. Физический смысл глубины проникновения магнитного поля, длины когерентности и параметра теории Гинзбурга–Ландау. Физический смысл различия между сверхпроводниками первого и второго рода.

4 Сверхпроводники II рода. Многосвязное сверхпроводящее состояние. Общее и различия в описании многосвязного сверхпроводящего состояния в модели

7.3.2 Типовые задания для оценки сформированности компетенций

Сверхпроводимость как макроскопическое квантовое явление. Экспериментальные свидетельства и феноменологическое описание. В чем заключается фундаментальное отличие сверхпроводника от идеального классического проводника? В каком случае имеет место квантование магнитного потока и квантование скорости сверхпроводящих пар? Квант магнитного потока. Почему сверхпроводимость является макроскопическим квантовым явлением?

3 Теория Гинзбурга–Ландау. Написать выражение для свободной энергии Гинзбурга–Ландау. Вывести уравнения теории Гинзбурга–Ландау. Физический смысл глубины проникновения магнитного поля, длины когерентности и параметра теории Гинзбурга–Ландау. Физический смысл различия между сверхпроводниками первого и второго рода.

4 Сверхпроводники II рода. Многосвязное сверхпроводящее состояние. Общее и различия в описании многосвязного сверхпроводящего состояния в модели Мендельсона и теории Абрикосова. Показать, что вихрь Абрикосова есть сингулярность в смешанном состоянии с фазовой когерентностью. Написать приближенное выражение для первого уравнения теории Гинзбурга–Ландау, применимое вблизи второго критического поля H_{c2} . Получить выражение для второго критического поля H_{c2} . Сколько дальних порядков предсказывается в работе Абрикосова? Какой смысл имеет параметр теории Абрикосова? Написать выражение для свободной энергии Гинзбурга–Ландау в приближении низшего уровня Ландау и получить выражения для средней плотности параметра порядка вблизи H_{c2} .

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1. Основная литература:

1. Гордиенко, А. Б. Физика конденсированного состояния. Решение задач : учебное пособие / А. Б. Гордиенко, А. В. Кособуцкий, Д. В. Корабельников. — 2-е изд., доп. — Кемерово : КемГУ, 2011. — 91 с. — ISBN 978-5-8353-1164-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/30132> (дата обращения: 19.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей..

8.2. Дополнительная литература:

1. Корабельников, Д. В. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Д. В. Корабельников. — Кемерово : КемГУ, 2017. — 149 с. — ISBN 978-5-8353-2160-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103097> (дата обращения: 19.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Требования к условиям реализации рабочей программы дисциплины (модуля)

9.1. Общесистемные требования

Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «КЧГУ»

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) Университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», как на территории Университета, так и вне ее.

Функционирование ЭИОС обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий и квалификацией работников, ее использующих и поддерживающих. Функционирование ЭИОС соответствует законодательству Российской Федерации.

Адрес официального сайта университета: <http://kchgu.ru>.

Адрес размещения ЭИОС ФГБОУ ВО «КЧГУ»: <https://do.kchgu.ru>.

Электронно-библиотечные системы (электронные библиотеки)

Учебный год	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
2025-2026 учебный год	Электронно-библиотечная система ООО «Знаниум». Договор № 249 эбс от 14.05.2025 г. Электронный адрес: https://znanium.com	от 14.05.2025г. до 14.05.2026г.
2025-2026 учебный год	Электронно-библиотечная система «Лань». Договор № 10 от 11.02.2025 г. Электронный адрес: https://e.lanbook.com	от 11.02.2025г. до 11.02.2026г.
2025-2026 учебный год	Электронно-библиотечная система КЧГУ. Положение об ЭБ утверждено Ученым советом от 30.09.2015г. Протокол № 1. Электронный адрес: http://lib.kchgu.ru	Бессрочный
2025-2026 учебный год	Национальная электронная библиотека (НЭБ). Договор №101/НЭБ/1391-п от 22.02.2023 г. Электронный адрес: http://rusneb.ru	Бессрочный
2025-2026 учебный год	Научная электронная библиотека «ELIBRARY.RU». Лицензионное соглашение №15646 от 21.10.2016 г. Электронный адрес: http://elibrary.ru	Бессрочный
2025-2026 учебный год	Электронный ресурс Polpred.com Обзор СМИ. Соглашение. Бесплатно. Электронный адрес: http://polpred.com	Бессрочный

9.2. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

Занятия проводятся в учебных аудиториях, предназначенных для проведения занятий лекционного и практического типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в соответствии с расписанием занятий по образовательной программе. С описанием оснащённости аудиторий можно ознакомиться на сайте университета, в разделе материально-технического обеспечения и оснащённости образовательного процесса по адресу: <https://kchgu.ru/sveden/objects/>

9.3. Необходимый комплект лицензионного программного обеспечения

- Microsoft Windows (Лицензия № 60290784), бессрочная
- Microsoft Office (Лицензия № 60127446), бессрочная
- ABBY FineReader (Лицензия № FCRP-1100-1002-3937), бессрочная
- CalculateLinux (внесён в ЕРПП Приказом Минкомсвязи №665 от 30.11.2018-2020), бессрочная
- Google G Suite for Education (IC: 01i1p5u8), бессрочная
- Kaspersky Endpoint Security (Лицензия № 280E-210210-093403-420-2061), с 25.01.2023 г. по 03.03.2025г.
- Kaspersky Endpoint Security. Договор №0379400000325000001/1 от 28.02.2025г. Срок действия лицензии с 27.02.2025г. по 07.03.2027г.

9.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Федеральный портал «Российское образование»- <https://edu.ru/documents/>
2. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (Единая коллекция ЦОР) – <http://school-collection.edu.ru/>
3. Базы данных Scopus издательства Elsevir <http://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>.
4. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования - <http://fgosvo.ru>.
5. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР) – <http://edu.ru>.
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (Единая коллекция ЦОР) – <http://school-collection.edu.ru>.
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно») – <http://window.edu.ru>.

10. Особенности организации образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья

В ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева» созданы условия для получения высшего образования по образовательным программам обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ).

Специальные условия для получения образования по ОПВО обучающимися с

ограниченными возможностями здоровья определены «Положением об обучении лиц с ОВЗ в КЧГУ», размещенным на сайте Университета по адресу: <http://kchgu.ru>.

11. Лист регистрации изменений

В рабочей программе внесены следующие изменения:

Изменение	Дата и номер протокола ученого совета факультета/ института, на котором были рассмотрены вопросы о необходимости внесения изменений в ОПВО	Дата и номер протокола ученого совета Университета, на котором были утверждены изменения в ОПВО