

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Феноменологическая теория сверхпроводимости

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы

магистерская программа «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория сверхпроводимости» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП. Дисциплина является элективной дисциплиной, преподается на первом году обучения, в первом семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

1. знакомство студентов с феноменологическими теориями, качественно описывающими явление сверхпроводимости, описывающей один из интереснейших физических эффектов - сверхпроводимость, являющей собой проявление квантовых эффектов в макроскопических масштабах;
2. формирование у студентов современного представления об основных проявлениях сверхпроводимости и феноменологической теории;
3. ознакомление студентов с основными подходами для описания сверхпроводимости;
4. формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 «Физика».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3. Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности	<i>ПК-3.1. Знание основных законов физики ПК-3.2. Умение решать научно-инновационные задачи в своей инновационной и проектной деятельности ПК-3.3. Навыки применения результатов научных исследований в инновационной и проектной деятельности и зарубежного опыта</i>	(ПК-3) Знать современное состояние феноменологической теории сверхпроводимости; (ПК-3) Уметь разбираться в научных проблемах, связанных с феноменологической теорией сверхпроводимости; (ПК-3) Владеть навыками решения задач физики, использующих методы феноменологической теории сверхпроводимости.	Индивидуальные собеседования	Индивидуальные практические задания, экзамен

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180

в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	51
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	3
самостоятельная работа	129
Промежуточная аттестация	54 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Введение	18	2	4		6	12
Тема 2. Термодинамическое описание сверхпроводников	18	2	4		6	12
Тема 3. Линейная электродинамика сверхпроводников	18	2	4		6	12
Тема 4. Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау	18	2	4		6	12
Тема 5. Сверхпроводники второго рода	26	4	8		12	14
Тема 6. Эффект Джозефсона	26	4	8		12	14
в т.ч. текущий контроль			2			
Промежуточная аттестация – Экзамен						54

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с

лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних контрольных работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Экзамен	
Превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями. Исчерпывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины. Владение материалом позволяет быстро справиться с видоизмененным заданием. Успешное решение любых типов практических заданий.
Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.
Очень хорошо	Хорошая подготовка с рядом заметных недочетов. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения основных типов практических заданий.
Хорошо	В целом, хорошая подготовка, но со значительными ошибками. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.
Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям. Знания основного содержания разделов дисциплины, допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, нарушения в последовательности изложения материала. Имеющихся знаний достаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Допускаются значительные ошибки при выполнении практических заданий.
Неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Незнание значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.

Плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Отсутствуют знания большей части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний совершенно недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.
-------	---

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

– индивидуальное собеседование.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

– индивидуальные практические задания.

Критерии ответа студента на экзамене

Оценка «отлично» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный и полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «хорошо» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности при этом допущены две–три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя и правильно; полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «удовлетворительно» – Ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или неполный, несвязный ответ и выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «неудовлетворительно» – Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя, не выполнены индивидуальные практические задания

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. *Теоретические вопросы* для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Нарисовать фазовую диаграмму сверхпроводника (СП) на плоскости H , T .
2. Что такое критическая температура T_c и критическое поле $H_c(T)$.
3. Что такое эффект Мейсснера.
4. Напишите уравнения Максвелла.
5. Какова характерная толщина слоя в которой течет ток, как она зависит от температуры в теории Гинзбурга-Ландау.
6. Напишите уравнения двухжидкостной модели сверхпроводника, какие параметры в нее входят.
7. Для $e^{i\mathbf{q}\cdot\mathbf{r}}$ процессов написать выражение для проводимости и диэлектрической проницаемости сверхпроводника.
8. Написать уравнение Лондонов.
9. Написать связь между током и векторным потенциалом для сверхпроводника.
10. Написать первое и второе начало термодинамики для сверхпроводника.
11. Написать выражение для свободной энергии сверхпроводника.
12. Напишите связь между внутренней и свободной энергией сверхпроводника.

13. Написать условие равновесия нормальной и сверхпроводящей фазы в образце.
14. Написать функционал теории Гинзбурга-Ландау (Г-Л) для пространственно однородного случая.
15. Написать уравнения Г-Л без магнитного поля.
16. Что такое длина когерентности и как она зависит от температуры в теории Г-Л
17. Написать уравнения Г-Л с магнитным полем.
18. Написать калибровочное преобразование для \mathbf{A} и ψ и доказать инвариантность уравнений Г-Л относительно этого преобразования.
19. Вывести формулу для кванта потока Φ_0 .
20. Чему равна глубина проникновения магнитного поля в теории Г-Л и как она зависит от температуры.
21. Напишите систему единиц, обезразмеривающую систему Г-Л.
22. Напишите выражение для критического поля через λ и ξ .
23. Что такое параметр Г-Л - κ в теории Г-Л.
24. Чем отличаются сверхпроводники 1 и 2 родов.
25. Напишите выражение для энергии N-S границы в критическом магнитном поле через распределения $B(x)$ и $\psi(x)$.
26. Нарисуйте график зависимости энергии N-S границы от параметра κ .
27. Нарисуйте фазовую диаграмму сверхпроводника 2 рода.
28. Что такое верхнее и нижнее критические поля в СП 2 рода.
29. СП помещен во внешнее однородное поле $H=H_{c2}$. Напишите зависимость магнитного поля (\mathbf{B} и \mathbf{A}) в СП от координат.
30. Чему равно верхнее критическое поле в теории Г-Л.
31. Нарисуйте распределение магнитного поля и параметра порядка в одиночном абрикосовском вихре.

6.3.2. Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности компетенции ПК-3 – способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

Задача 1.1

Чему равен экранирующий поверхностный ток в сверхпроводнике, помещенном в магнитное поле.

Задача 1.2

Чему равен скачок теплоемкости при N-S переходе.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Автор(ы):

д.ф.-м.н., доцент, В.В. Курин.

Зав. каф. "Физика наноструктур и наноэлектроника" _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 17.11.2022, протокол № б/н.