

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра физики фазовых переходов

**Авторы-составители: Смородин Борис Леонидович
Ильин Владимир Алексеевич**

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА СВЕРХПРОВОДИМОСТИ
Код УМК 46249

Утверждено
Протокол №11
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Физика сверхпроводимости

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физика сверхпроводимости** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физика сверхпроводимости

Основные свойства

История открытия, критическая температура и критическое поле, эффект Мейснера, идеальный диамагнетизм, разрушение сверхпроводимости.

Промежуточное и смешанное состояние

Промежуточное состояние: шар, цилиндр, пластина. Фазовая диаграмма сверхпроводников второго рода. Смешанное состояние сверхпроводников второго рода. Вихревые структуры и структура вихря. Энергия одиночной нити. Взаимодействие вихрей. Расчет первого и второго критических полей. Поверхностная сверхпроводимость. Вычисление третьего критического поля.

Описание конденсированного состояния

Основные постулаты теории Бардина, Купера, Шриффера.

Феномен Купера. Неустойчивость основного состояния свободного электронного газа относительно бесконечно слабого притяжения электронов. Изотопический эффект, электрон-фононное взаимодействие, куперовские пары, энергетическая щель.

Эффекты Джозефсона

Слабая связь. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Квантовые интерферометры

Теория Гинзбурга – Ландау

Основные постулаты теории Гинзбурга-Ландау

Параметр порядка, длина когерентности. Градиентная инвариантность уравнений Гинзбурга-Ландау. Квантовые макроскопические эффекты. Квантование магнитного потока.

Высокотемпературная сверхпроводимость

Высокотемпературная сверхпроводимость. Перовскиты, керамика, монокристаллы, пленки.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

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.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Смородин Б. Л. Физика сверхпроводимости: учебное пособие для студентов физического факультета, обучающихся по направлению "Физика", "Физика конденсированного состояния вещества"/Б. Л. Смородин.-Пермь, 2010, ISBN 978-5-7944-1558-2.-86.-Библиогр.: с. 82-83
2. Паринов, И. А. Сверхпроводники и сверхпроводимость. Том 1. Получение и эксперимент : словарь-справочник / И. А. Паринов. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2008. — 714 с. — ISBN 978-5-9275-0462-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/47124.html>

Дополнительная:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/470283>
2. Черевко, А. Г. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Кристаллы и их тепловые свойств : учебное пособие / А. Г. Черевко. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 81 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<https://sfiz.ru/> Физический информационный портал

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физика сверхпроводимости** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятия занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-

образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Физика сверхпроводимости**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: базовые положения физики сверхпроводимости, основные модели и классические задачи. Уметь: применять базовые положения физики сверхпроводимости для вычисления характеристик сверхпроводящих образцов чистых металлов и сплавов. Владеть: навыками расчета распределения волновой функции и характеристик сверхпроводников первого и второго рода.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает базовые положения физики сверхпроводимости, основные модели и классические задачи. Не умеет применять базовые положения физики сверхпроводимости для вычисления характеристик сверхпроводящих образцов чистых металлов и сплавов. Не владеет навыками расчета распределения волновой функции и характеристик сверхпроводников первого и второго рода.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание базовых положений физики сверхпроводимости, основных моделей и классических задач. Демонстрирует частично сформированное умение применять базовые положения физики сверхпроводимости для вычисления характеристик сверхпроводящих образцов чистых металлов и сплавов. Демонстрирует частично сформированное владение навыками расчета распределения волновой функции и характеристик сверхпроводников первого и второго рода.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание базовых положений физики сверхпроводимости, основных моделей и классических задач. Демонстрирует сформированное, но</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>содержащее отдельные пробелы умение применять базовые положения физики сверхпроводимости для вычисления характеристик сверхпроводящих образцов чистых металлов и сплавов. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками расчета распределения волновой функции и характеристик сверхпроводников первого и второго рода.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает базовые положения физики сверхпроводимости, основные модели и классические задачи. Умеет применять базовые положения физики сверхпроводимости для вычисления характеристик сверхпроводящих образцов чистых металлов и сплавов. Владеет навыками расчета распределения волновой функции и характеристик сверхпроводников первого и второго рода.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Основные свойства Входное тестирование	Знание термодинамических функций, уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной формах, умение вычислять средние значения.
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Промежуточное и смешанное состояние Письменное контрольное мероприятие	1. Идеальная проводимость и идеальный диамагнетизм. 2. Термодинамика фазового перехода нормальный металл-сверхпроводник. 3. Уравнения Лондонов, глубина проникновения. 4. Натяжение на s-n границе: теория Лондонов. 5. Нелокальная теория Пиппарда, длина когерентности.
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Эффекты Джозефсона Письменное контрольное мероприятие	1. Феноменологическая теория Гинзбурга-Ландау. 2. Эффект Купера. 3. Средний размер куперовской пары. 4. Теплоемкость сверхпроводника: теория БКШ. 5. Смешанное состояние сверхпроводников второго рода. Вихревые структуры и структура вихря. 6. Взаимодействие вихрей. 7. Квантование магнитного потока.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Высокотемпературная сверхпроводимость Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>1. Идеальная проводимость и идеальный диамагнетизм. 2. Термодинамика фазового перехода нормальный металл-сверхпроводник. 3. Уравнения Лондонов, глубина проникновения. 4. Натяжение на s-n границе: теория Лондонов. 5. Нелокальная теория Пиппарда, длина когерентности. 6. Промежуточное состояние сверхпроводника. 7. Феноменологическая теория Гинзбурга-Ландау. 8. Эффект Купера. 9. Средний размер куперовской пары. 10. Теплоемкость сверхпроводника: теория БКШ. 11. Смешанное состояние сверхпроводников второго рода. Вихревые структуры и структура вихря. 12. Взаимодействие вихрей. 13. Квантование магнитного потока. 14. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. 15. Высокотемпературная сверхпроводимость.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Основные свойства

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Задание 1. Записать дифференциалы термодинамических функций. Верная запись - 2 балла. В записи есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверная запись - 0 баллов.	2
Задание 4. Записать уравнения Максвелла в интегральной форме. Верная запись - 2 балла. В записи есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверная запись - 0 баллов.	2
Задание 3. Найти среднее случайной величины. Верное решение задания - 2 балла. В решении есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверное решение задания - 0 баллов.	2

Задание 2. Записать уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Верная запись - 2 балла. В записи есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверная запись - 0 баллов.	2
--	---

Промежуточное и смешанное состояние

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
В ответе используются правильные физические и математические записи: векторы, интегралы. Верные записи - 2 балла. В записях есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверные записи - 0 баллов.	2
Ответ на второй вопрос раскрыт. Верно - 2 балла. Есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверно - 0 баллов.	2
Ответ на первый вопрос раскрыт. Верно - 2 балла. Есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверно - 0 баллов.	2
Ответ проиллюстрирован рисунками. Верные рисунки - 2 балла. В рисунках есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверные рисунки - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Эффекты Джозефсона

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
В ответе используются правильные физические и математические записи: векторы, интегралы. Верные записи - 2 балла. В записях есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверные записи - 0 баллов.	2
Ответ на второй вопрос раскрыт. Верно - 2 балла. Есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверно - 0 баллов.	2
Ответ на первый вопрос раскрыт. Верно - 2 балла. Есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверно - 0 баллов.	2
Ответ проиллюстрирован рисунками. Верные рисунки - 2 балла. В рисунках есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверные рисунки - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Высокотемпературная сверхпроводимость

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
В ответе используются правильные физические и математические записи: векторы, интегралы. Верные записи - 2 балла. В записях есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверные записи - 0 баллов.	2
Ответ на второй вопрос раскрыт. Верно - 2 балла. Есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверно - 0 баллов.	2
Ответ на первый вопрос раскрыт. Верно - 2 балла. Есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверно - 0 баллов.	2
Ответ проиллюстрирован рисунками. Верные рисунки - 2 балла. В рисунках есть незначительные ошибки - 1 балл. Неверные рисунки - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0