

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сердитова Наталья Евгеньевна
Должность: проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 28.08.2025 15:41:41
Уникальный программный ключ:
6cb002877b2a1ea640fdebb0cc541e4e05322d13

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП

А.В. Солнышкин

«24» июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Основы сверхпроводимости

Направление подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

2 курса, очной формы обучения

Составитель: д.ф.-м.н., доцент Солнышкин А.В.

Тверь, 2025

I. Аннотация

Цель дисциплины - обеспечение фундаментальными знаниями в области физики сверхпроводящего состояния твердого тела (понятие сверхпроводимости; основные закономерности; влияние внешних условий на сверхпроводимость; термодинамика сверхпроводников) и получение практических навыков в области физики сверхпроводников

Задачи освоения дисциплины:

- освоение фундаментальных представлений об особом состоянии некоторых твердых тел после охлаждения их до температуры ниже критической;
- изучение основ фундаментальной теории БКШ, ее связь с происходящей перестройкой в подсистеме электронов, влияние кристаллической решетки;
- усвоение связи между технологией создания сверхпроводников их критическими параметрами и свойствами с целью управления последними.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы сверхпроводимости» относится к модулю Нелинейные диэлектрики и полупроводники Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. Объем дисциплины: 4 зачетных единицы, 144 академических часа, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 26 часов, практические занятия 26 часов;

самостоятельная работа: 92 часа, в том числе контроль 27 часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<i>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине</i>
ПК-1. Осуществляет проектирование и разработку продукции в части,	ПК-1.1. Реализует лабораторный технологический процесс на технологическом оборудовании

касающейся разработки объемных нанокерамик, соединений и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов	материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получает партии пробных образцов новых материалов; ПК-1.2. Организует процесс измерения и испытания полученных образцов на контрольном, измерительном и испытательном оборудовании; ПК-1.3. Разрабатывает рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов.
ПК-2. Проводит работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.	ПК-2.3. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; ПК-2.4. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Экзамен в 3 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

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

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		Практические занятия		
		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП	
Физические свойства материалов при низких температурах	18	4		4		10
Классическая электродинамика и термодинамика сверхпроводников	18	4		4		10
Нелокальная электродинамика Пиппарда. Поверхностная энергия сверхпроводников. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода	18	4		4		10
Теории сверхпроводимости	22	5		5		12
Сверхпроводники 2-го рода в токовом состоянии	19	4		4		11
Высокотемпературные сверхпроводники	22	5		5		12
Экзамен	27					27

ИТОГО	108	26		26		92
--------------	-----	----	--	----	--	----

III. Образовательные технологии

Учебная программах-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
Физические свойства материалов при низких температурах	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2.Решение задач 3.Самостоятельное изучение теоретического материала
Классическая электродинамика и термодинамика сверхпроводников	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2.Решение задач 3.Самостоятельное изучение теоретического материала
Нелокальная электродинамика Пиппарда. Поверхностная энергия сверхпроводников. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2.Решение задач 3.Самостоятельное изучение теоретического материала
Теории сверхпроводимости	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2.Решение задач 3.Самостоятельное изучение теоретического материала
Сверхпроводники 2-го рода в токовом состоянии	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2.Решение задач 3.Самостоятельное изучение теоретического материала
Высокотемпературные сверхпроводники	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2.Решение задач 3.Самостоятельное изучение теоретического материала

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ПК-1. Осуществляет проектирование и разработку продукции в части, касающейся разработки объемных нанокерамик, соединений и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов:

ПК-1.1. Реализует лабораторный технологический процесс на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получает партии пробных образцов новых материалов;

ПК-1.2. Организует процесс измерения и испытания полученных образцов на контрольном, измерительном и испытательном оборудовании;

ПК-1.3. Разрабатывает рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов.

Для всех индикаторов одинаковые способ оценки.

Задание: тест

1. Сверхпроводящими элементами являются...

Алюминий, свинец, олово, ниобий

Медь, железо, бор, литий

Натрий, калий, сера, никель

Гелий, неон, аргон, криптон

2. Явление сверхпроводимости было открыто в...

Античное время Середина XIX века

1911 г.

1969 г.

3. Принцип работы СКВИДа основан на эффекте...

Мейснера

Шубникова Холла

Джозефсона

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- Имеется верный ответ – 1 балл
- Дан неверный ответ – 0 баллов

ПК-2. Проводит работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ПК-2.3. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений;

Задание: устный опрос

Примерные задания

Критические температуры и напряженности магнитного поля.

Основные свойства металлов при низких температурах. Сверхпроводники 1-го рода.

Эффект Мейснера. Идеальный диамагнетизм. Кривые намагничивания.

Фазовые диаграммы сверхпроводниковых материалов.

Глубина проникновения транспортного тока. Особенности протекания тока.

Критический ток.

Низкотемпературные сверхпроводники 2-го рода. Фазовые диаграммы.

Кривые намагничивания. Основные характеристики и параметры

Способ аттестации: устный опрос

Критерии оценки:

- Имеется полный ответ – 3 балла
- Ответ недостаточно обоснован – 2 балла
- Дан неверный ответ – 0 баллов

ПК-2.4. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

Задание.

1. Что такое СКВИД?

Сверхчувствительный магнитометр

Сверхчувствительный термометр

Сверхчувствительный манометр

Сверхчувствительный гальванометр

2. Фонон – это...

Частица, квант колебательного движения атомов кристалла

Квазичастица, квант колебательного движения атомов кристалла

Квазичастица, квант электромагнитного излучения атомов кристалла

Частица, квант электромагнитного излучения атомов кристалла

3. Разница между сверхпроводниками первого и второго рода наиболее отчетливо проявляется в характере зависимости намагниченности сверхпроводника от...

Внешнего магнитного поля

Температуры

Транспортного тока

Намагниченности

4. Какую фазу невозможно наблюдать на фазовой диаграмме сверхпроводника второго рода $B = f(T)$

Шубниковская фаза

Мейснеровская фаза Нормальная фаза

Джозефсоновская фаза

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- Имеется верный ответ – 1 балл
- Дан неверный ответ – 0 баллов

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

А) основная литература

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. СПб.: «Лань». 2011 г. 288 с. (5+5 1977 г. экз) https://e.lanbook.com/book/2023#book_name

2. Киттель, Чарлз. Элементарная физика твердого тела / Ч. Киттель ; пер. с англ. А. А. Гусева .— М. : Наука, 1965 .— 366 с (8 экз)

3. Павлов, П. В. Физика твердого тела : уч. пособие для вузов по спец."Физика" / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов .— М. : Высшая школа, 1985, 2000 г .— 384с. (8 +7экз)

4. Физика твердого тела : лабораторный практикум / под ред. А. Ф. Хохлова .— 2-е изд., испр. — М. : Высшая школа, . Т. 2: Физические свойства твердых тел .— 2001 .— 484 с (30 экз)

5. Матухин, Вадим Леонидович. Физика твердого тела : учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков .— СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010 .— 224 с. (41 экз).
<https://e.lanbook.com/reader/book/262/#4>.

Б)дополнительная литература

- Лыков С.Н. Сверхпроводимость полупроводников: Учеб. пособие / Под общ.ред. В.И.Ильина, А.Я.Шика. - СПб.: Наука, 2001. - 104 с

- Гинзбург В.Л. Сверхпроводимость. – М.: Педагогика, 1990. - 112 с.

- Вонсовский С.В. Сверхпроводимость переходных металлов, их сплавов и соединений. - Москва: Наука, 1977. - 383 с.

- Буккель В. Сверхпроводимость: Основы и приложения / Пер. с нем. Ю. А. Башкирова. – М.: Мир, 1975. - 366 с.

2) Программное обеспечение

Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows

Adobe Acrobat Reader

Google Chrome

OpenOffice

Mathcad 15 M010

Notepad++

Origin 8.1 Sr2

Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

VLC media player

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы к экзамену

Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау.

2. Общие свойства квантовых жидкостей.
3. Квантовые свойства электронов проводимости в металле.
4. Квантовые свойства ионной решетки металлов.
5. Экспериментальные данные, важные для построения микроскопической теории сверхпроводимости.
6. Кристаллографические эксперименты.
7. Изотопический эффект.
8. Коэффициент отражения электромагнитного излучения от поверхности сверхпроводника.
9. Электрон – фононное взаимодействие.
10. Куперовские пары.
11. Свойства основного состояния сверхпроводника.
12. Энергетическая щель.
13. Незатухающий ток в сверхпроводниках.
14. Силы, действующая на вихревую нить.
15. Течение потока.
16. Пиннинг.
17. Энергия вихря в сверхпроводящей пластине с током.
18. Взаимодействие вихря с нормальным включением.
19. Теория критического состояния Кима – Андерсона.
20. Модель критического состояния Бина – Лондона.
21. Модель критического состояния Кима.
22. Открытие высокотемпературной сверхпроводимости.
23. История открытия Кристаллическая структура.
24. Особенности кристаллической структуры.
25. Химическая сложность и химические сверхпроводники.
26. Особенности физических свойств Особенности сверхпроводящих свойств.
27. Фазовые соотношения.

28. Катионная нестехиометрия.
29. Висмутовые ВТСП, ртутники, геометрическая стабильность.
30. Анионная нестехиометрия.
31. "Химическое давление" и гофрировка структуры, а также расслаивание с образованием нанофлуктуация состава.
32. Диаграммы Time-Temperature-Transformation.
33. Методы синтеза ВТСП-фаз и получение ВТСП-материалов.
34. Ленты в металлической оболочке.
35. Тонкие пленки.
36. Крупнокристаллическая керамика.
37. Монокристаллы.
38. Применение ВТСП.

VII. Материально-техническое обеспечение

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Лекционная аудитория № 227 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Проектор Panasonic PT-VW340ZE 2 экран ScreenMedia 3. Комплект учебной мебели на 60 посадочных мест 4. Меловая доска 5. ПК	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Adobe Acrobat Reader Google Chrome Notepad++ Многофункциональный редактор ONLYOFFICE OpenOffice
Учебно-научная лаборатория физики диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников № 35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Экран настенный ScreenMedia 153*203 2. Ноутбук Samsung R 510 3. Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm, 4. Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест 5. Вольтметр ЦШ 1516	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Adobe Acrobat Reader Google Chrome OpenOffice Mathcad 15 M010 Notepad++ Origin 8.1 Sr2

	6. Вольтметр В-7-26 7. Вольтметр В-3-39 8. Генератор ГЗ-109 9. Магазин сопротивлений Р4830 10. Мост Р524 11. Мост Р-571 12. Измеритель В5-509 13. Микротвердомер ПМТ-3 14. Осциллограф С-1-65 15. Вольтметр В-3-42 16. Усилитель У4-28 17. Генератор ГЗ-34 18. Прибор Е7-11 19. Генератор ГЗ-102 20. Генератор Г-4-158 21. Частотомер ЧЗ-34 22. Вольтметр В-3-38 (2 шт) 23. Прибор КМС-6 24. Вольтметр В-7-27 25. Печь СУОП044 26. Источник питания Б-5-50 27. Измеритель Х1-38 28. Измеритель разности фаз Ф2-16 29. Прибор Picoammeter 6485 30. Пробник напряжения до 2500 В 31. Измеритель фаз Е-4-11 32. Термостат ИТИ 33. Прибор Х1-46 34. Выпрямитель ТЕС 35. Осциллограф С-1-68 36. Усилитель У5-11 37. Микроскоп 7М-9	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE VLC media player
--	--	---

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			