

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и электроконденсаторостроения

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>3 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Матасов А.В.
	Идентификатор	R05f8b92a-MatsovAV-37cb79f7

(подпись)

А.В. Матасов

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Леонов В.М.
	Идентификатор	Rae2e323d-LeonovVM-ccc02b9b

(подпись)

В.М. Леонов

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение основ теории сверхпроводимости, основных свойств и видов сверхпроводящих материалов и их практического применения

### Задачи дисциплины

- Изучение основ теории сверхпроводимости;
- Ознакомление с основными видами и свойствами сверхпроводящих материалов;
- Приобретение навыков расчета и оценки основных характеристик сверхпроводящих материалов;
- Изучение основных направлений практического применения сверхпроводящих материалов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен проводить исследования материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Проводит исследования характеристик изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	знать: - Основные модели и теории сверхпроводимости; - Классификацию сверхпроводящих материалов и их основные физико-химические свойства.  уметь: - Проводить расчет и оценку основных характеристик и параметров сверхпроводящих материалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и электроконденсаторостроения (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основы теории сверхпроводимости	52.7	3	16	-	7	-	-	-	-	-	29.7	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы теории сверхпроводимости"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основы теории сверхпроводимости" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Основы теории сверхпроводимости и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основы теории сверхпроводимости" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>	
1.1	Классическая электродинамика сверхпроводников	13		4	-	2	-	-	-	-	-	-	7		-
1.2	Классическая термодинамика сверхпроводников	13		4	-	2	-	-	-	-	-	-	7		-
1.3	Основные свойства сверхпроводников второго рода	15.7		4	-	2	-	-	-	-	-	-	9.7		-
1.4	Физические и статистические модели определения критической температуры сверхпроводников. Теория Гинзбурга-Ландау	11		4	-	1	-	-	-	-	-	-	6		-

													<p>"Основы теории сверхпроводимости"  <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основы теории сверхпроводимости". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет и оценка основных характеристик и свойств сверхпроводящих материалов  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [2], 1-279  [3], 1-311</p>	
2	Сверхпроводящие материалы	33	10	-	5	-	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u>  Повторение материала по разделу "Сверхпроводящие материалы"</p>
2.1	Технические сверхпроводники	12	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>  Проработка лекции</p>
2.2	Традиционные сверхпроводники и их свойства	9	2	-	1	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u>  Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Сверхпроводящие материалы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p>
2.3	Нетрадиционные сверхпроводники.	12	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u>  Изучение материалов по разделу Сверхпроводящие материалы и подготовка к контрольной работе  <u>Подготовка к практическим занятиям:</u>  Изучение материала по разделу "Сверхпроводящие материалы" подготовка к</p>

													<p>выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сверхпроводящие материалы"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Сверхпроводящие материалы". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет и оценка основных характеристик и свойств сверхпроводящих материалов</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 1-227</p>
3	Применение сверхпроводящих материалов	22	6	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Применение сверхпроводящих материалов"</p>
3.1	Эффект Джозефсона и его применение	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции</p>
3.2	Применение сверхпроводимости	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Применение сверхпроводящих материалов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Применение сверхпроводящих материалов и</p>

													подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Применение сверхпроводящих материалов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение</u></b> <b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Применение сверхпроводящих материалов" <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Применение сверхпроводящих материалов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных заданий, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет и оценка основных характеристик и свойств сверхпроводящих материалов <b><u>Изучение материалов литературных</u></b> <b><u>источников:</u></b> [1], 1-227
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0	32	-	16	-	-	-	-	0.3	59.7	-	
	Итого за семестр	108.0	32	-	16	-	-	-	-	0.3	59.7	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основы теории сверхпроводимости

#### 1.1. Классическая электродинамика сверхпроводников

Сопротивление сверхпроводников. Эффект Мейснера. Уравнения Лондонов. Проникновение магнитного поля в сверхпроводник. Лондоновская глубина проникновения. Полная система уравнений сверхпроводника. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Квант магнитного потока. Теория Пиппарда..

#### 1.2. Классическая термодинамика сверхпроводников

Термодинамика перехода в сверхпроводящее состояние. Связь между магнитными и тепловыми свойствами сверхпроводника. Теплоемкость сверхпроводников. Теплопроводность сверхпроводников. Поверхностная энергия сверхпроводников. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Промежуточное состояние в сверхпроводниках 1 рода. Намагничивание сверхпроводников 1 рода..

#### 1.3. Основные свойства сверхпроводников второго рода

Общие свойства сверхпроводников 2 рода. Магнитное поле одиночного вихря. Сила взаимодействия между вихрями. Проникновение вихрей в сверхпроводник. Намагничивание сверхпроводников 2 рода. Магнитные критические поля. Влияние анизотропии на критическое поле. Идеальные и жесткие сверхпроводники 2 рода, их свойства. Вольт-амперная характеристика сверхпроводников..

1.4. Физические и статистические модели определения критической температуры сверхпроводников. Теория Гинзбурга-Ландау

Электрон-фононное взаимодействие. Критическая температура в теории Бардина-Купера-Шриффера. Основы теории Гинзбурга-Ландау.

### 2. Сверхпроводящие материалы

#### 2.1. Технические сверхпроводники

Требования к техническим сверхпроводникам. Основы получения технических сверхпроводников. Основные свойства технических сверхпроводников..

#### 2.2. Традиционные сверхпроводники и их свойства

Сверхпроводящие элементы, сплавы и соединения. Фуллериды. Фазы Шевреля. Диборид магния..

#### 2.3. Нетрадиционные сверхпроводники.

Сверхпроводники с тяжелыми фермионами. Железосодержащие сверхпроводники. Купратные и оксидные сверхпроводники. Органические сверхпроводники..

### 3. Применение сверхпроводящих материалов

#### 3.1. Эффект Джозефсона и его применение

Стационарный эффект Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Слабая связь. Вольт-амперные характеристики на основе эффекта Джозефсона. Применение эффекта Джозефсона.

#### 3.2. Применение сверхпроводимости



Сверхпроводящие магнитные катушки. Сверхпроводящие постоянные магниты. Применение сверхпроводящих магнитов. Сверхпроводники для передачи энергии: кабели, трансформаторы и ограничители тока утечки. Сверхпроводящие резонаторы и фильтры. Сверхпроводящие детекторы. Сверхпроводники в микроэлектронике..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Классическая электродинамика сверхпроводников;
2. Эффект Джозефсона;
3. Основные свойства нетрадиционных сверхпроводников;
4. Основные свойства традиционных сверхпроводников;
5. Вольт-амперная характеристика сверхпроводников;
6. Основные свойства сверхпроводников второго рода;
7. Классическая термодинамика сверхпроводников;
8. Основные свойства технических сверхпроводников.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы теории сверхпроводимости"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сверхпроводящие материалы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение сверхпроводящих материалов"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы теории сверхпроводимости"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сверхпроводящие материалы"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Применение сверхпроводящих материалов"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
<b>Знать:</b>					
Классификацию сверхпроводящих материалов и их основные физико-химические свойства	ИД-2ПК-1		+		Контрольная работа/Сверхпроводящие материалы
Основные модели и теории сверхпроводимости	ИД-2ПК-1	+			Контрольная работа/Основы теории сверхпроводимости Контрольная работа/Применение сверхпроводящих материалов
<b>Уметь:</b>					
Проводить расчет и оценку основных характеристик и параметров сверхпроводящих материалов	ИД-2ПК-1			+	Контрольная работа/Основы теории сверхпроводимости Контрольная работа/Сверхпроводящие материалы

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Основы теории сверхпроводимости (Контрольная работа)
2. Сверхпроводящие материалы (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Применение сверхпроводящих материалов (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №3)*

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Электротехнические материалы, электрические конденсаторы, провода и кабели. Т. 9. Сверхпроводимость и ее применение : [обзоры] / Гос. ком. Совета Министров СССР по науке и технике, АН СССР, ВИНТИ ; науч. ред. Б. М. Тареев . – Москва : ВИНТИ, 1977 . – 227 с. – (Итоги науки и техники) .;
2. Жен П. де- "Сверхпроводимость металлов и сплавов", Издательство: "Мир", Москва, 1968 - (279 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481355>;
3. М. Тинкхам- "Введение в сверхпроводимость", Издательство: "Атомиздат", Москва, 1989 - (311 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483408>.

##### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Python.

##### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. База данных **ВИНИТИ online** - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства **Elsevier** - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства **Springer** - <https://link.springer.com/>
7. База данных **Web of Science** - <http://webofscience.com/>
8. База данных **Scopus** - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы **American Chemical Society** - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы **American Institute of Physics** - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы **American Physical Society** - <https://journals.aps.org/about>
14. База данных издательства **Annual Reviews Science Collection** - <https://www.annualreviews.org/>
15. База данных **Association for Computing Machinery Digital Library** - <https://dl.acm.org/about/content>
16. Журналы издательства **Cambridge University Press** - <https://www.cambridge.org/core>
17. База данных **IEL** издательства **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)** - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
18. База данных **Computers & Applied Sciences Complete (CASC)** - <http://search.ebscohost.com>
19. База данных **INSPEC** на платформе компании **EBSCO Publishing** - <http://search.ebscohost.com>
20. Журналы **Institute of Physics (IOP), Великобритания** - <https://iopscience.iop.org/>
21. Журналы научного общества **Optical Society of America (OSA)** - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
22. Патентная база **Orbit Intelligence** компании **Questel** - <https://www.orbit.com/>
23. Журналы издательства **Oxford University Press** - <https://academic.oup.com/journals/>
24. База данных диссертаций **ProQuest Dissertations and Theses Global** - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
25. Журналы **Royal Society of Chemistry** - <https://pubs.rsc.org/>
26. Журналы издательства **SAGE Publication (Sage)** - <https://journals.sagepub.com/>
27. Журнал **Science** - <https://www.sciencemag.org/>
28. Журналы научного общества **Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library** - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
29. Коллекция журналов **Taylor & Francis Group** - <https://www.tandfonline.com/>
30. Журналы по химии **Thieme Chemistry Package** компании **Georg Thieme Verlag KG** - <https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html>
31. Журналы издательства **Wiley** - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
32. Электронная библиотека **МЭИ (ЭБ МЭИ)** - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Сверхпроводниковые материалы и изделия

(название дисциплины)

## 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Основы теории сверхпроводимости (Контрольная работа)

КМ-2 Сверхпроводящие материалы (Контрольная работа)

КМ-3 Применение сверхпроводящих материалов (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	5	10	15
1	Основы теории сверхпроводимости				
1.1	Классическая электродинамика сверхпроводников		+		+
1.2	Классическая термодинамика сверхпроводников		+		+
1.3	Основные свойства сверхпроводников второго рода		+		+
1.4	Физические и статистические модели определения критической температуры сверхпроводников. Теория Гинзбурга-Ландау		+		+
2	Сверхпроводящие материалы				
2.1	Технические сверхпроводники			+	
2.2	Традиционные сверхпроводники и их свойства			+	
2.3	Нетрадиционные сверхпроводники.			+	
3	Применение сверхпроводящих материалов				
3.1	Эффект Джозефсона и его применение		+	+	
3.2	Применение сверхпроводимости		+	+	
Вес КМ, %:			35	35	30