

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИКЛАДНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
2	2	72	16	16	0		40	0	30
Итого	2	72	16	16	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Цель курса - показать направления крупномасштабных применений сверхпроводимости в различных областях человеческой деятельности, главным образом в электроэнергетике. Дать ориентацию по современному использованию сверхпроводимости в электроэнергетике, перспективных проектах и направлениях исследований

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Научить основным физическим принципам работы сверхпроводящих устройств, методам их расчета и конструирования, испытаниям и анализа. Дать ориентацию по современному использованию сверхпроводимости в электроэнергетике, перспективных проектах и направлениях исследований.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: избранные главы общей физики, физика твердого тела, фазовые переходы в конденсированных средах, современные проблемы в физике твердого тела, низкотемпературная техника в физическом эксперименте, экспериментальные методы физики сверхпроводимости.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-4 [1] – Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	З-УК-4 [1] – Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках; существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия У-УК-4 [1] – Уметь: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия В-УК-4 [1] – Владеть: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной	Код и наименование индикатора
--------------------------------	----------------------------------	--	--------------------------------------

деятельности (ЗПД)		компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
<p>участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты;</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.</p>

<p>создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать методики оценки и выбора методов исследования.; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования; В-ПК-2[1] - Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>- квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных</p>	<p>ПК-9 [1] - Способен проводить математическое и компьютерное моделирование объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области</p>	<p>З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области. ;</p>

<p>технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров</p>	<p>исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>У-ПК-9[1] - Уметь применять методы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области; В-ПК-9[1] - Владеть навыками математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений</p>
<p>экспертно-аналитический</p>			
<p>сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий;</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен к построению аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-10[1] - Знать основные методы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе. ; У-ПК-10[1] - Уметь применять методы и принципы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе для решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера; В-ПК-10[1] - Владеть навыками построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических</p>

			проблем природного, экологического, технико-технологического характера
--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
2	Часть 2	9-15	8/8/0		25	КИ-12	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	30	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1,

							3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
--	--	--	--	--	--	--	--

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Часть 1	8	8	0
1	Тема 1. Введение. Применение сверхпроводимости в промышленности, медицине, электроэнергетике. Основные классы сверхпроводящих устройств для электроэнергетики.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2. Базовые сверхпроводящие материалы. Базовые сверхпроводящие материалы для электроэнергетических устройств как низко, так и высокотемпературных. Методы их получения их особенности и основные свойства, методы их исследования.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3. Особенности работы сверхпроводящих электроэнергетических устройств в энергосетях. Особенности работы сверхпроводящих электроэнергетических устройств в энергосетях. Устройства постоянного и переменного тока. Потери на переменном токе.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4. Стабильность и переход в нормальное состояние сверхпроводящих устройств. Стабильность и переход в нормальное состояние сверхпроводящих устройств. Особенности развития перехода в ВТСП устройствах. Необходимость новых	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	подходов к анализу ВТСП устройств.			
5	Тема 5. Сверхпроводящие устройства в энергосетях. Сверхпроводящие устройства в энергосетях. Номинальный режим и перегрузочный режимы при коротком замыкании в сети. ВТСП сверхпроводящие устройства при перегрузках - в чем проблема.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Тема 6. Сверхпроводящие силовые кабели. Сверхпроводящие силовые кабели. Их необходимость и преимущества для электроэнергетики. Кабели постоянного и переменного тока, холодная и теплая изоляция.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 7. Основные физические принципы создания ВТСП кабелей. Сверхпроводящие силовые кабели. Основные физические принципы создания ВТСП кабелей. Методы расчета и конструирования ВТСП силовых кабелей.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Тема 8. Потери в ВТСП кабелях на переменном токе. Сверхпроводящие силовые кабели. Потери в ВТСП кабелях на переменном токе. Методы измерения и анализа потерь в силовых кабелях. ВТСП силовые кабели при токовых перегрузках.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	8	8	0
9	Тема 9. Сверхпроводящие ограничители тока короткого замыкания. Сверхпроводящие ограничители тока короткого замыкания. Их основные типы и физические принципы их работы. Сравнение различных типов токоограничителей.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	Тема 10. Токоограничители резистивного типа. Сверхпроводящие ограничители тока короткого замыкания. Токоограничители резистивного типа, анализ их работы, масштабирование. Особенности работы при перегрузках током.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 11. Сверхпроводящие трансформаторы НТСП и ВТСП. Сверхпроводящие трансформаторы НТСП и ВТСП. Преимущества и недостатки сверхпроводящих трансформаторов. Основные принципы конструирования и особенности. Потери в сверхпроводящих трансформаторах. Сверхбыстрый переход	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 12. Сверхпроводящие вращающиеся машины. Сверхпроводящие вращающиеся машины. Их типы, особенности конструкций и применения. Особенности охлаждения вращающихся машин.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 13. Сверхпроводящие индуктивные накопители. Сверхпроводящие индуктивные накопители. Типы накопителей для электроэнергетики. Особенности конструкций различных накопителей. ВТСП и НТСП накопители. Устройства вывода энергии.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Тема 14. Криогеника для сверхпроводящей электроэнергетики. Криогеника для сверхпроводящей электроэнергетики. Методы и способы охлаждения различных	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	сверхпроводящих электроэнергетических устройств. Типы холодильных машин для сверхпроводящей электроэнергетики.			
14	Тема 15. Современные проекты в сверхпроводящей электроэнергетике. Современные проекты в сверхпроводящей электроэнергетике. Их анализ, сравнение, оценка перспектив, в том числе экономических.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Тема 16. Заключение. Что ждет перспективные применения сверхпроводников в электроэнергетике. Какие проблемы необходимо решать.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия с использованием компьютерных технологий и самостоятельная работа студентов, заключающаяся в изучении материала, повторении ранее пройденных тем, подготовке к письменным тестам. Для того чтобы дать современное состояние дисциплины, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ. Рекомендуются посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в рамках Научной сессии НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (ЖП 1)
ПК-1	З-ПК-1	ЗО, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-1	ЗО, КИ-8, КИ-12

	В-ПК-1	ЗО, КИ-8, КИ-12
ПК-10	З-ПК-10	ЗО, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-10	ЗО, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-10	ЗО, КИ-8, КИ-12
ПК-2	З-ПК-2	ЗО, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-2	ЗО, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-2	ЗО, КИ-8, КИ-12
ПК-9	З-ПК-9	ЗО, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-9	ЗО, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-9	ЗО, КИ-8, КИ-12
УК-4	З-УК-4	ЗО, КИ-8, КИ-12
	У-УК-4	ЗО, КИ-8, КИ-12
	В-УК-4	ЗО, КИ-8, КИ-12

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64		F	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и

навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н99 Case Studies in Superconducting Magnets : Design and Operational Issues, Iwasa, Yukikazu. , Boston, MA: Springer US., 2009
2. ЭИ М 34 Материаловедение сверхпроводников на основе ВТСП, дигборида магния и пниктидов : Учебное пособие, Цаплева А.С. [и др.], М.: НИЯУ МИФИ, 2019
3. ЭИ М 34 Материаловедение сверхпроводников на основе соединений А-15 : Учебное пособие, Курилкин М.О. [и др.], М.: НИЯУ МИФИ, 2019
4. ЭИ К31 Методы Монте-Карло для физических систем : учебное пособие, Красавин А.В., Кашурников В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
5. 620 Р19 Процессы получения, структура и свойства сверхпроводников на основе оксидных соединений и MgB₂ : учебное пособие, Дергунова Е.А., Борисов А.В., Раков Д.Н., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. ЭИ Р19 Процессы получения, структура и свойства сверхпроводников на основе оксидных соединений и MgB₂ : учебное пособие для вузов, Дергунова Е.А., Борисов А.В., Раков Д.Н., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
7. ЭИ С 76 Стабилизация сверхпроводящих магнитных систем : учебник, Альтов В.А. [и др.], Москва: МЭИ, 2019
8. 538.9 К12 Физика макроскопических квантовых систем : курс лекций; семинары, Каган М.Ю., Москва: Издательский дом МЭИ, 2014
9. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.8 Сверхпроводящие материалы, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2021

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ш19 Vi-ВТСП: структура и сверхпроводимость : учебное пособие для вузов, Шамрай В.Ф., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
2. 53 К31 Квантовые сильнокоррелированные системы: современные численные методы : учебное пособие для вузов, Красавин А.В., Кашурников В.А., Москва: МИФИ, 2007

3. 621.3 А72 Криотурбогенератор КТГ-20: опыт создания и проблемы сверхпроводникового электромашиностроения : , Антонов Ю.Ф., Данилевич Я.Б., Москва: Физматлит, 2013
4. 621.3 М 12 Магнитокумулятивные генераторы - импульсные источники энергии Т.1 , , Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2020
5. 539.2 М 34 Материалы современной электроники и спинтроники : , Кажева О. Н. [и др.], Москва: Физматлит, 2019
6. 538.9 М62 Неустойчивости в сверхпроводниках : , Рахманов А.Л., Минц Р.Г., М.: Наука, 1984
7. 620 Д36 Основы материаловедения NbTi сверхпроводников. Применение сверхпроводников : учебное пособие, Дергунова Е.А., Потанина Л.В., Губкин И.Н., Москва: НИЯУ МИФИ, 2009
8. ЭИ Д36 Основы материаловедения NbTi сверхпроводников. Применение сверхпроводников : учебное пособие, Дергунова Е.А., Потанина Л.В., Губкин И.Н., Москва: НИЯУ МИФИ, 2009
9. 621.5 Р83 Основы расчета низкотемпературных устройств : учеб. пособие для вузов, Руднев И.А., М.: МИФИ, 2006
10. 621.5 Р83 Принципы конструирования криогенных устройств : учебное пособие для вузов, Руднев И.А., Москва: МИФИ, 2007
11. 537 Б87 Сверхпроводящие магнитные системы : , Брехна Г., М.: Мир, 1976
12. 621.3 У36 Сверхпроводящие магниты : , Уилсон М., М.: Мир, 1985
13. 539.2 К31 Современные проблемы физики твердого тела Ч.2 Высокотемпературная сверхпроводимость, Кашурников В.А., Москва: МИФИ, 2002
14. 621.3 С75 Стабилизация сверхпроводящих магнитных систем : , Альтов В.А. [и др.], Москва: МЭИ, 2008
15. 538.9 Е50 Физика сверхпроводимости. Неравновесная сверхпроводимость : Учеб. пособие, Елесин В.Ф., М.: МИФИ, 1986
16. ЭИ Б40 Физические основы сверхпроводимости : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Безотосный И.Ю., Руднев И.А., Москва: МИФИ, 2008
17. 538.9 Б40 Физические основы сверхпроводимости : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Безотосный И.Ю., Руднев И.А., Москва: МИФИ, 2008

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Цель данного курса – показать направления крупномасштабных применений сверхпроводимости в различных областях человеческой деятельности, главным образом в электроэнергетике. Научить основным физическим принципам работы сверхпроводящих устройств, методам их расчета и конструирования, испытаниям и анализа. Дать ориентацию по современному использованию сверхпроводимости в электроэнергетике, перспективных проектах и направлениях исследований.

Курс опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: макроэлектродинамика (электродинамика сплошных сред), статистическая физика и термодинамика, физика конденсированного состояния вещества, экспериментальные методы физики сверхпроводимости.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики и университетскому курсу математики. Необходимо знать дифференциальное и интегральное исчисление, тензорный и векторный анализ, статистику и термодинамику, электричество и магнетизм, в том числе в материальных средах. Необходимо ориентироваться в задачах электродинамики сплошных сред и статистической физики, общей теории сверхпроводимости, классификации сверхпроводников и их свойств и методов их исследования.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При чтении курса следует придерживаться следующей последовательности изложения. Сначала рассматриваются применения сверхпроводимости в промышленности, медицине, электроэнергетике, даются основные классы сверхпроводящих устройств для электроэнергетики и базовые сверхпроводящие материалы. Изучаются методы получения сверхпроводящих материалов, их особенности, методы их исследования. Затем обсуждаются основные особенности работы сверхпроводников в электроэнергетических устройствах, показываются причины потерь на переменном токе.

После этого требуется уделить внимание стабильности сверхпроводящего состояния и переходу в нормальное состояние, особенности развития перехода в высокотемпературных сверхпроводниках. В итоге показываются основные задачи, встающие при разработке сверхпроводящего кабеля, в том числе и на основе ВТСП. Даются основные физические принципы создания сверхпроводящих проводов, кабелей и лент.

Во втором разделе следует подробно осветить другие важные применения сверхпроводников в электроэнергетике: токоограничители, трансформаторы, вращающиеся машины, индуктивные накопители. Представить современное состояние криогенной техники, методы охлаждения, типы холодильных машин.

В заключении необходимо представить перспективы применения сверхпроводников в электроэнергетике, обсудить экономические аспекты, дать информацию о ведущихся в настоящее время проектах в области сверхпроводниковой электроэнергетики.

Во время проведения лекция желательно использовать проекционную технику, а также инициировать обсуждение материала методом «вопросов в аудиторию».

Автор(ы):

Высоцкий Виталий Сергеевич, д.т.н.