

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:52:09

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наноструктурные термоэлектрики

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль Физико-химия процессов и материалов

Квалификация	Магистр	
Форма обучения	очная	
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ	
Часов по учебному плану	144	Формы контроля в семестрах: экзамен 3
в том числе:		
аудиторные занятия	34	
самостоятельная работа	65	
часов на контроль	45	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	65	65	65	65
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дфмн, профессор, Ховайло Владимир Васильевич

Рабочая программа

Наноструктурные термоэлектрики

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 22.04.01-ММТМ-23-6.plx Физико-химия процессов и материалов, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Физико-химия процессов и материалов, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Протокол от 16.06.2021 г., №20

Руководитель подразделения Кузнецов Денис Валерьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Изучение теоретических основ эффектов, лежащих в основе термоэлектрического охлаждения и преобразования энергии, изучение физических механизмов, позволяющих эффективно управлять термоэлектрическими свойствами материалов. Формирование у студентов углубленных представлений о влиянии наноструктурного состояния на термоэлектрические свойства материалов, основных методах получения и областях применения термоэлектриков.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.2	Методология и практика определения размерных характеристик материалов	
2.1.3	Методы защиты металлов и металлопродукции	
2.1.4	Практика перевода и редактирования	
2.1.5	Производственная практика	
2.1.6	Технологии получения материалов	
2.1.7	Фазовые превращения при получении металлов и соединений	
2.1.8	Физико-химия эволюции твердого вещества	
2.1.9	Энерго- и ресурсосберегающие технологии в производстве и использовании материалов	
2.1.10	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.1.11	Методы исследования характеристик и свойств материалов	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-3: Способен самостоятельно использовать современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на физико-химические, механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, а также взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками

Знать:

ПК-3-31 Влияние наноструктурирования на тепловые и транспортные свойства материалов

ПК-5: Способен формировать совместно с технологом и конструктором предложения по изменению технологического регламента получения нанометаллов, сплавов и композитов на их основе с улучшенными свойствами в соответствии с требованиями потребителя, а также реализовывать получение и исследование свойств пробных партий образцов

Знать:

ПК-5-33 Модели, описывающие взаимосвязь физических, химических и механических свойств материалов (например, модели кристаллофизики: модели пьезоэлектрического эффекта, эффекта Пельтье, электрооптического эффекта, магнитотермического эффекта, магнитомеханического эффекта)

ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области

Знать:

ОПК-4-32 Технологии термоэлектрического преобразования энергии

ПК-5: Способен формировать совместно с технологом и конструктором предложения по изменению технологического регламента получения нанометаллов, сплавов и композитов на их основе с улучшенными свойствами в соответствии с требованиями потребителя, а также реализовывать получение и исследование свойств пробных партий образцов

Знать:

ПК-5-31 Модели, описывающие условия обработки материалов, и модели, описывающие условия эксплуатации материалов, в терминах характеристик внешних воздействий

ПК-5-32 Модели (закономерности), описывающие связи между параметрами структуры и параметрами физических, химических и механических свойств

ПК-3: Способен самостоятельно использовать современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на физико-химические, механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, а также взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками
Знать:
ПК-3-32 Основные особенности зависимостей термоэлектрических свойств материалов от температуры
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Знать:
ОПК-4-31 Современные термоэлектрические материалы и системы
ПК-6: Углубленно знает основные типы неорганических и органических материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, владеет навыками самостоятельного выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения
Знать:
ПК-6-32 Механические и прочностные свойства термоэлектрических материалов и устройств
ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие направлению подготовки
Знать:
ОПК-2-32 Современные области применений термоэлектрических устройств и систем
ОПК-2-31 Современные технологии синтеза термоэлектрических материалов
ПК-6: Углубленно знает основные типы неорганических и органических материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, владеет навыками самостоятельного выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения
Знать:
ПК-6-31 Влияние структуры и сверхструктурного упорядочения на термоэлектрические свойства материалов
ПК-5: Способен формировать совместно с технологом и конструктором предложения по изменению технологического регламента получения нанометаллов, сплавов и композитов на их основе с улучшенными свойствами в соответствии с требованиями потребителя, а также реализовывать получение и исследование свойств пробных партий образцов
Уметь:
ПК-5-У3 Осуществлять технологические операции по созданию образцов нового материала на лабораторном технологическом оборудовании
ПК-5-У1 Разрабатывать рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов
ПК-6: Углубленно знает основные типы неорганических и органических материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, владеет навыками самостоятельного выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения
Уметь:
ПК-6-У2 Подбирать термоэлектрические материалы для конкретного технологического решения
ПК-5: Способен формировать совместно с технологом и конструктором предложения по изменению технологического регламента получения нанометаллов, сплавов и композитов на их основе с улучшенными свойствами в соответствии с требованиями потребителя, а также реализовывать получение и исследование свойств пробных партий образцов
Уметь:
ПК-5-У2 Анализировать результаты исследований: устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и параметров внешних условий, моделирующих условия эксплуатации, и оценивать возможность переноса модельных результатов на поведение материала в реальных условиях эксплуатации
ПК-6: Углубленно знает основные типы неорганических и органических материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, владеет навыками самостоятельного выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения

Уметь:
ПК-6-У1 Подбирать технологические решения для реализации поставленных задач
ПК-3: Способен самостоятельно использовать современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на физико-химические, механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, а также взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками
Уметь:
ПК-3-У1 Объяснять взаимосвязь между способами получения и обработки, структурой и физико-химическими свойствами термоэлектрических материалов
ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие направлению подготовки
Уметь:
ОПК-2-У2 Проводить анализ механических напряжений в термоэлектрических устройствах
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Уметь:
ОПК-4-У1 Работать со справочной литературой и другими информационными источниками
ПК-3: Способен самостоятельно использовать современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на физико-химические, механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, а также взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками
Уметь:
ПК-3-У2 Оценивать эффективность работы термоэлектрических устройств
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Уметь:
ОПК-4-У2 Осуществлять выборку ключевых работ по заданной тематике из массива библиографических данных
ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие направлению подготовки
Уметь:
ОПК-2-У1 Проводить расчеты объемных и весовых долей исходных химических элементов для синтеза термоэлектрических сплавов и соединений
ПК-5: Способен формировать совместно с технологом и конструктором предложения по изменению технологического регламента получения нанометаллов, сплавов и композитов на их основе с улучшенными свойствами в соответствии с требованиями потребителя, а также реализовывать получение и исследование свойств пробных партий образцов
Владеть:
ПК-5-В2 Методами структурного анализа образцов
ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие направлению подготовки
Владеть:
ОПК-2-В2 Методами термообработки и пробоподготовки материалов
ПК-6: Углубленно знает основные типы неорганических и органических материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, владеет навыками самостоятельного выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения
Владеть:
ПК-6-В1 Навыками подбора функциональных материалов для реализации НИОКР в области технологий термоэлектрического преобразования энергии

ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие направлению подготовки
Владеть:
ОПК-2-В1 Методами синтеза сплавов и соединений
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Владеть:
ОПК-4-В2 Терминологией в области термоэлектрических эффектов и явлений
ПК-3: Способен самостоятельно использовать современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на физико-химические, механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, а также взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками
Владеть:
ПК-3-В3 Методами обработки и анализа экспериментальных данных
ПК-3-В2 Экспериментальными методами исследования термоэлектрических свойств материалов
ПК-5: Способен формировать совместно с технологом и конструктором предложения по изменению технологического регламента получения нанометаллов, сплавов и композитов на их основе с улучшенными свойствами в соответствии с требованиями потребителя, а также реализовывать получение и исследование свойств пробных партий образцов
Владеть:
ПК-5-В1 Механоактивационным методом получения наноструктурных термоэлектрических материалов
ПК-3: Способен самостоятельно использовать современные представления наук о материалах при анализе влияния микро- и нано- масштаба на физико-химические, механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов, а также взаимодействия материалов с окружающей средой, электромагнитным излучением и потоками
Владеть:
ПК-3-В1 Методами исследования кристаллической структуры и микроструктуры термоэлектрических материалов
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Владеть:
ОПК-4-В1 Навыками поиска в базах данных оригинальных работ и обзоров по заданной тематике

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Введение в термоэлектричество. Термоэлектрические эффекты							
1.1	Термоэлектрические эффекты /Лек/	3	1	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-6-У1 ПК-6-У2	Л1.5Л2.4 Э1			
1.2	Термоэлектрические материалы и термоэлектрическая добротность /Лек/	3	1	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-3-32	Л1.2 Л1.5Л2.4 Э3			
1.3	Термоэлектрическое охлаждение. Термоэлектрическая генерация энергии /Лек/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-5-33 ПК-6-В1	Л1.2 Э3			

1.4	Использование информационных источников и баз данных в области термоэлектричества /Пр/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-6-У2 ПК-6-В1	Л1.2Л2.2 Э1			P1
1.5	Проработка лекционного материала по разделу "Введение в термоэлектричество. Термоэлектрические эффекты" /Ср/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ОПК-4-В2	Л1.2 Л1.5Л2.4			
1.6	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Введение в термоэлектричество. Термоэлектрические эффекты" /Ср/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2	Л1.2 Л1.5Л2.4		КМ1	
Раздел 2. Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств								
2.1	Основные методы синтеза термоэлектрических материалов /Лек/	3	1	ОПК-2-31 ОПК-2-В1 ОПК-2-В2 ПК-5-31 ПК-5-У3	Л3.1			
2.2	Синтез наноструктурных термоэлектриков химическими методами /Лек/	3	1	ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-5-31	Л3.1			
2.3	Структурные исследования термоэлектриков /Лек/	3	1	ОПК-2-У2 ПК-3-В1 ПК-5-У2	Л1.1 Л1.3 Э2			
2.4	Особенности измерения электрической проводимости и термоэдс в термоэлектриках /Лек/	3	1	ПК-3-32 ПК-3-В2 ПК-6-31 ПК-6-32	Л1.1 Л1.3			
2.5	Методы измерения теплопроводности термоэлектриков /Лек/	3	1	ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.3Л2.1 Э3			
2.6	Синтез и исследование структурных свойств термоэлектрических материалов /Пр/	3	6	ПК-3-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э3		КМ2	P2
2.7	Подготовка реферата с презентацией по выбранной теме в рамках раздела "Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств" /Ср/	3	3	ОПК-2-31 ОПК-2-32 ПК-5-31	Л1.1 Л1.3Л3.2 Л3.3			P5
2.8	Защита и обсуждение рефератов по выбранной теме в рамках раздела "Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств" /Ср/	3	2	ОПК-2-31 ОПК-2-32 ПК-5-31	Л1.1 Л1.3Л3.2 Л3.3			P5

2.9	Проработка лекционного материала по разделу "Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств" /Ср/	3	10	ОПК-2-31 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У2 ПК-6-31	Л1.1 Л1.3Л3.2 Л3.3		КМ3	
2.10	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Методы получения наноструктурных термоэлектриков и исследования их свойств" /Ср/	3	9	ОПК-2-31 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У2 ПК-6-31	Л1.1 Л1.3Л3.2 Л3.3			
	Раздел 3. Термоэлектрические материалы							
3.1	Термоэлектрические свойства теллуридов висмута и сурьмы /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-5-32 ПК-6-31 ПК-6-32	Л1.5Л2.4 Э3		КМ4	
3.2	Скиттерудиты и их термоэлектрические свойства /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-5-32 ПК-6-31 ПК-6-32	Л1.2 Л1.5 Э1 Э2			
3.3	Термоэлектрические свойства сплавов Гейслера /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-5-32 ПК-6-31 ПК-6-32	Л1.5Л3.1 Э2			
3.4	Оксидные термоэлектрики /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-5-32 ПК-6-31 ПК-6-32	Л1.2 Л1.5Л3.1 Э2 Э3			
3.5	Особенности термоэлектрических свойств тонких пленок, нанопроводов и квантовых точек /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-5-32 ПК-5-В1 ПК-6-31	Л1.5Л2.3Л3.1 Э2 Э3		КМ5	
3.6	Экспериментальные методы измерения термоэлектрических свойств материалов /Пр/	3	4	ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В2 ПК-3-В3 ПК-6-31 ПК-6-32 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.3		КМ7,КМ8	Р3
3.7	Подготовка доклада по выбранной теме в рамках раздела "Термоэлектрические материалы" /Ср/	3	3	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1	Л1.2Л3.1 Э1 Э2 Э3			
3.8	Выступление с докладом по выбранной теме в рамках раздела "Термоэлектрические материалы" /Ср/	3	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1	Л1.2			
3.9	Проработка лекционного материала по разделу "Термоэлектрические материалы" /Ср/	3	5	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1	Л3.1 Э2 Э3			

3.10	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Термоэлектрические материалы" /Ср/	3	5	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1	Л3.1 Э2 Э3			
	Раздел 4. Термоэлектрические устройства и их применения							
4.1	Системы и устройства термоэлектрического охлаждения /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-У2 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-6-32 ПК-6-У2 ПК-6-В1	Л1.4Л2.4			
4.2	Радиоизотопные термоэлектрические генераторы /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-У2 ПК-5-32 ПК-6-32 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.2 Л1.4			
4.3	Современные области применения термоэлектрических генераторов /Лек/	3	1	ОПК-2-32 ПК-3-У2 ПК-5-32 ПК-6-32 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.2 Л1.4 Э2 Э3			
4.4	Подбор материалов для реализации НИОКР в области термоэлектрического охлаждения и генерации энергии /Пр/	3	3	ОПК-2-У2 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-6-В1	Л1.2 Л1.4Л2.4 Э1 Э2		КМ9	Р4
4.5	Проработка лекционного материала по разделу "Термоэлектрические устройства и их применения" /Ср/	3	7	ОПК-2-32 ОПК-2-У2 ПК-3-У2 ПК-5-32 ПК-5-У1	Л1.2 Л1.4Л2.4 Э2		КМ10	
4.6	Самостоятельное изучение литературы и подготовка к практическим занятиям в рамках раздела "Термоэлектрические устройства и их применения" /Ср/	3	7	ОПК-2-32 ОПК-2-У2 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-6-32	Л1.2 Л1.4Л2.4			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Современные области применений термоэлектрических устройств и систем	ОПК-2-32	Опишите принцип работы и основные узлы радиоизотопного термоэлектрического генератора. Опишите концепцию применения термоэлектрических генераторов в автомобилях. Области применений термоэлектрических микрогенераторов и микроохлаждающих устройств. Особенности рекуперации «бросового» тепла в индустрии.

КМ2	Современные технологии синтеза термоэлектрических материалов	ОПК-2-31	<p>Основные особенности твердофазного синтеза термоэлектриков. Для каких систем этот метод синтеза является наиболее востребованным?</p> <p>Основные особенности синтеза термоэлектриков методами дуговой и индукционной плавки. Для каких систем этот метод синтеза является наиболее востребованным?</p> <p>Основные особенности синтеза термоэлектрических материалов методами «мокрой» химии (золь-гель метод, гидротермальный синтез, спрей-пиролиз).</p> <p>Преимущества и недостатки механоактивационного метода получения термоэлектрических материалов.</p>
КМ3	Технологии термоэлектрического преобразования энергии	ОПК-4-32	<p>Что такое термоэлектричество?</p> <p>В чем заключаются эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона?</p> <p>Запишите формулы, связывающие коэффициенты Зеебека, Пельтье и Томсона.</p> <p>Запишите и поясните уравнение холодопроизводительности.</p> <p>Что такое термоэлектрическая эффективность и как она определяется?</p> <p>От каких факторов зависит КПД термоэлектрических генераторов?</p> <p>Запишите выражение для КПД термоэлектрических генераторов.</p>
КМ4	Современные термоэлектрические материалы и системы	ОПК-4-31	<p>Приведите примеры и опишите основные свойства низкотемпературных термоэлектрических материалов.</p> <p>Приведите примеры и опишите основные свойства среднетемпературных термоэлектрических материалов.</p> <p>Приведите примеры и опишите основные свойства высокотемпературных термоэлектрических материалов.</p> <p>В чем заключается концепция «фононное стекло – электронный кристалл»? Приведите примеры термоэлектрических материалов, в которых реализуется концепция «фононное стекло - электронный кристалл».</p> <p>Нарисуйте графики зависимости термоэлектрической эффективности от температуры для наиболее известных термоэлектрических материалов.</p>
КМ5	Влияние наноструктурирования на тепловые и транспортные свойства материалов	ПК-3-31	<p>Основные методы получения наноструктур термоэлектрических материалов.</p> <p>Особенности тепловых свойств полупроводниковых материалов.</p> <p>Основные особенности транспортных свойств узкозонных полупроводников.</p> <p>Опишите концепцию инженерии фононов в наноструктурных термоэлектриках.</p> <p>Опишите основные методы оптимизации термоэлектрической эффективности.</p>
КМ6	Основные особенности зависимостей термоэлектрических свойств материалов от температуры	ПК-3-32	<p>Основные понятия зонной теории.</p> <p>Электрон-электронное, электрон-фононное и электрон-магнонное взаимодействия. Как они зависят от температуры?</p> <p>Биполярные эффекты и их влияние на транспортные свойства.</p> <p>Влияние температурного градиента на транспортные свойства в полупроводниках.</p> <p>Особенности термоэлектрических свойств сильно коррелированных электронных систем при низких температурах.</p> <p>Опишите устройство высокотемпературной ячейки для измерения электрического сопротивления образцов.</p> <p>Опишите 2-контактный и 4-контактный методы измерения удельного сопротивления. Нарисуйте эквивалентные схемы.</p>
КМ7	Современные методы и технологии компактирования наноструктурных объектов	ПК-5-31	<p>Опишите основные методы компактирования субмикроструктурных порошков.</p> <p>Преимущества и недостатки горячего изостатического прессования.</p> <p>Преимущества и недостатки искрового плазменного спекания.</p>

КМ8	Методы и технологии нанесения буферных и коммутационных слоев в термоэлектрических устройствах	ПК-5-32	Основные составляющие термоэлемента. Материалы для буферных слоев Материалы для коммутационных слоев Подходы для получения буферных и коммутационных слоев в сегментированных термоэлектрических устройствах Особенности нанесения буферных и коммутационных слоев в микроэлектромеханических термоэлектрических устройствах.
КМ9	Влияние структуры и сверхструктурного упорядочения на термоэлектрические свойства материалов	ПК-6-31	Основные методы получения низкоразмерных термоэлектрических материалов. Влияние сверхструктурного упорядочения на теплопроводность. Особенности электронного и фононного транспорта в квантовых точках и нанопроводах. Особенности электронного и фононного транспорта в сверхрешетках.
КМ10	Механические и прочностные свойства термоэлектрических материалов и устройств	ПК-6-32	Механические свойства термоэлектрических сплавов и соединений. Прочность наноструктурированных термоэлектрических материалов. Адгезия и прочность термоэлектрических устройств. Адгезия и прочность термоэлектрических сегментированных устройств. Влияние термоциклирования на прочность термоэлектрических устройств.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа "Использование информационных источников и баз данных в области термоэлектричества"	ОПК-4-31;ОПК-4-32	- Какие цели и задачи стоят перед областью термоэлектричества? - Какие информационные источники можно использовать для работы в области термоэлектричества? - Какие из этих источников вы могли бы использовать в своей практической деятельности? - Вопросы стандартизации и метрологии упрощают или усложняют работу в области термоэлектричества?
P2	Практическая работа "Синтез и исследование структурных свойств термоэлектрических материалов"	ОПК-2-31;ОПК-2-У2	- Какие основные этапы синтеза термоэлектрических материалов методом твердофазного синтеза? - Какие основные этапы синтеза термоэлектрических материалов методом дуговой/индукционной плавки? - Какие основные этапы синтеза термоэлектрических материалов методом механоактивации? - Какие физические явления лежат в основе рентгенодифракционного и электронмикроскопического методов структурных исследований?
P3	Практическая работа "Экспериментальные методы измерения термоэлектрических свойств материалов"	ОПК-2-31;ОПК-4-В2;ПК-3-32;ПК-3-В2;ПК-3-В3	- Какие физические явления лежат в основе метода измерений теплопроводности? - Назовите основные блоки установки для измерения электрического сопротивления. - Назовите основные блоки установки для измерения термоэдс материалов. - Оцените погрешность измерения термоэдс вашей установки.
P4	Практическая работа "Подбор материалов для реализации НИОКР в области термоэлектрического охлаждения и генерации энергии"	ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-2-32;ПК-5-32	- Что такое функциональные материалы? - Какие основные принципы подбора материалов для реализации НИОКР? - Является ли подбор материалов решающим фактором для НИОКР в области термоэлектрического охлаждения?

P5	Подготовка реферата с презентацией по выбранной теме в рамках раздела "Термоэлектрические материалы"	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ПК-6-В1;ОПК-4-32;ОПК-4-В2;ОПК-2-31;ОПК-2-32;ОПК-2-У1;ОПК-2-У2;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2;ПК-3-В3;ПК-6-31;ПК-6-32;ПК-6-У1;ПК-6-У2	Темы рефератов в рамках раздела "Термоэлектрические материалы": 1. Оксиселениды. 2. Заполненные скуттерудиты. 3. Клатраты. 4. Фазы Цингтя. 5. Нанотрубки и нанокристаллы теллуридов висмута. 6. Полуметаллы V группы. 7. Силициды переходных металлов. 8. Соединения Mg ₂ B (B = Si, Ge, Sn). 9. Кобальтиты. 10. Оксиды цинка. 11. Теллуриды свинца. 12. Половинные сплавы Гейслера. 13. Твердые растворы SiGe. 14. Соединения Zn ₄ Sb ₃ 15. Тетраэдриты Cu ₃ SbS ₃ . 16. Халькогениды SnSe. 17. Соединения структурного типа α-MgAgSb.
----	--	---	---

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов, охватывающих основные компетенции, формируемые дисциплиной. Каждый билет содержит по одному вопросу из раздела 2 и раздела 3 дисциплины, и один вопрос из раздела 1 или раздела 4. Билеты хранятся на кафедре.

Пример экзаменационного билета:

1. Основы концепции «фононное стекло – электронный кристалл». Примеры термоэлектрических материалов, в которых она реализуется.
2. Классификация термоэлектрических материалов. Среднетемпературные термоэлектрические материалы.
3. Области применений термоэлектрических микрогенераторов и микроохлаждающих устройств.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка за экзамен формируется как средняя арифметическая из оценок за каждый из трех вопросов в билете.

Каждый вопрос оценивается следующим образом:

- оценка "отлично" - студент демонстрирует владение понятийным аппаратом, обнаруживает исчерпывающие знания в данном вопросе, грамотно и логически стройно излагает материал;
- оценка "хорошо" - студент грамотно излагает материал, имеет достаточно полные знания в данном вопросе, но при этом содержание и форма ответа имеют отдельные неточности;
- оценка "удовлетворительно" - студент демонстрирует знания основных положений в данном вопросе, ответ излагает непоследовательно и неполно, наблюдаются неточности в определении понятий;
- оценка "неудовлетворительно" - студент допускает грубые ошибки в ответе, имеет бессистемные знания и не понимает сущности излагаемого вопроса.

Итоговая оценка выводится путем округления средней арифметической оценки до ближайшего целого.

Обучающийся допускается к экзамену при условии выполнения двух текущих домашних заданий и посещения практических занятий.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Газенаур Е. Г., Кузьмина Л. В., Крашенинин В. И.	Методы исследования материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013
Л1.2	Бернштейн А. С.	Термоэлектрические генераторы	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1956
Л1.3	Каныгина О. Н., Четверикова А. Г., Бердинский В. Л.	Физические методы исследования веществ: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2014
Л1.4	Анатычук Л. И.	Термоэлементы и термоэлектрические устройства: справочник	Электронная библиотека	Киев: Наукова думка, 1979

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.5	Киреев П. С.	Физика полупроводников: учеб. пособие для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1969
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Карслоу Г., Егер Д., Померанцев А. А.	Теплопроводность твердых тел	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1964
Л2.2	Майстренко А. В., Майстренко Н. В.	Информационные технологии в науке, образовании и инженерной практике: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2014
Л2.3	Безрядин Н. Н., Линник А. В., Сыдоров Ю. В., Титов С. А., Проколова Т. В., Болдырева Я. А., Рожкова Т. А.	Квантовые и оптические процессы в твердых телах: теория и практика: учебное пособие	Электронная библиотека	Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2015
Л2.4	Ильярский О. И.	Термоэлектрические элементы	Электронная библиотека	Москва: Энергия, 1970
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Ключников Н. Г.	Руководство по неорганическому синтезу: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Химия, 1965
Л3.2	Бублик В. Т., Дубровина А. Н.	Методы исследования структуры полупроводников и металлов: учеб. пособие для вузов по спец.-Технология спец. материалов электрон. техники	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1978
Л3.3	Бублик В. Т., Зимичева Г. М.	Методы исследования структуры полупроводников.: Электронография. Рентгеновская и электронная микроскопия: лаб. практикум для студ. спец. 0604, 0629, 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э1	Energy Efficiency and Renewable Energy Through Nanotechnology. Ling Zang. - London: Springer, 2011 - 946 p. Доступ для скачивания с ID-адресов НИТУ "МИСиС"		https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-85729-638-2	
Э2	New Materials for Thermoelectric Applications: Theory and Experiment. Editors: Veljko Zlatic, Alex Hewson Springer Nature Switzerland AG 2009 Доступ для скачивания с ID-адресов НИТУ "МИСиС"		https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-4984-9	
Э3	Novel Thermoelectric Materials and Device Design Concepts Sergey Skipidarov and Mikhail Nikitin (Eds.) Springer Nature Switzerland AG 2019 Доступ для скачивания с ID-адресов НИТУ "МИСиС"		https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-12057-3	
6.3 Перечень программного обеспечения				
П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit			
П.2	Microsoft Office			
П.3	Microsoft PowerPoint			

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА МИСиС - полнотекстовая база научной и учебной литературы (http://elibrary.misis.ru)
И.2	Научная электронная библиотека (http://elibrary.ru)
И.3	Библиографическая и реферативная база данных Scopus (https://www.scopus.com)
И.4	Реферативная база данных по мировым научным публикациям Web of Science (http://www.webofscience.com)
И.5	Электронные научные книги издательства Springer (https://link.springer.com)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина предусматривает проведение лекций раз в две недели и проведение практических занятий раз в две недели. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное освоение дисциплины требует посещения лекций, работы на практических занятиях, выполнения всех домашних заданий, а также ознакомления с основной и дополнительной литературой. Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы ввиду широты охватываемого материала. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку.

Во время лекции студенту необходимо вести краткий конспект. Самостоятельная проработка лекционного материала предполагает просмотр конспекта лекции в течение последующей недели после занятия. Материал следует осваивать с использованием рекомендуемой литературы. При необходимости разъяснения материала, вызывающего у студентов затруднения для понимания, могут организовываться групповые и индивидуальные консультации. В этом случае студентам необходимо четко сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю на ближайшей лекции или практическом занятии.

К каждому практическому занятию следует готовиться заблаговременно, используя рекомендуемую литературу и электронные ресурсы, указанные в разделе "Содержание". В конце каждого практического занятия преподаватель задает студентам контрольные вопросы для проверки усвоения материала.

Основные требования к реферату (домашнему заданию №1): объем 25-30 стр., количество используемой литературы (учебники, пособия, публикации, электронные ресурсы) - не менее 15; реферат должен включать титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, список использованных источников. Защита реферата проводится в форме устного выступления с презентацией. Презентацию по реферату необходимо подготовить с использованием Microsoft PowerPoint, реферат распечатать и сдать преподавателю до выступления. Время выступления - 8-10 минут. После выступления студенту могут быть заданы вопросы по его реферату как преподавателем, так и другими студентами.

Доклад по теме "Термоэлектрические материалы" (домашнее задание №2) не требует создания презентации. Устное выступление должно длиться 3-5 минут, затем следует краткое обсуждение материала доклада с преподавателем. К домашнему заданию №2 необходим титульный лист, домашнее задание нужно распечатать и сдать преподавателю.