

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 10.09.2025 10:28:07
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«25» марта 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Термометрия. Методы и средства регулирования температуры»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) - «Материалы и технологии микро- и нанoeлектроники»

Москва 2025 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-3 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов, в т.ч. при разработке технологических маршрутов» сформулирована на основе **стандарта** 40.005 «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»

Обобщенная трудовая функция 40.005 В [7] Менеджмент ресурсов

Трудовая функция 40.005В/02.7 Рациональное расходование основных, вспомогательных и расходных материалов, используемых при их разработке и выборе

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-3.ТМ Способен планировать и проводить экспериментальные исследования термодинамических параметров с использованием современного аналитического и измерительного оборудования	Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей	Знание: - принципов работы первичных преобразователей, используемых для измерения основных термодинамических параметров; - методов измерения температуры и других теплофизических параметров. Умение реализовывать методику измерения температуры и основных теплофизических параметров. Опыт разработки, исследования и изготовления первичных преобразователей термодинамических параметров; калибровки и поверки первичных преобразователей термодинамических параметров.

Компетенция ПК-4 «Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения» сформулирована на основе **профессиональных стандартов:**

40.058 "Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники"

Обобщенная трудовая функция 40/058 D [7] Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники

Трудовая функция 40.058D/03.7 Разработка и адаптация групповых технологических процессов производства изделий микроэлектроники

40.006 «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

Обобщенная трудовая функция 40.006 А[7] Обеспечение функционирования нанoeлектронного производства в соответствии с технологической документацией.

Поддержка и улучшение существующих технологических процессов и необходимых режимов производства выпускаемой организацией продукции

Трудовая функция 40.006 А/04.7 Разработка предложений по модернизации технологического процесса

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4.ТМ Способен анализировать результаты экспериментальных исследований термодинамических параметров, в том числе тепло- и электрофизических свойств материалов и структур на их основе	- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи;	Знание: - методов измерения и стабилизации температуры; - методов измерений тепло- и электрофизических параметров; - погрешностей измерения термодинамических параметров. Умение проводить поиск научно-технической информации по методам измерения термодинамических параметров. Опыт анализа результатов экспериментальных исследований термодинамических параметров.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, является элективной.

Входные требования к дисциплине:

Изучению модуля предшествует формирование компетенций бакалавриата в дисциплинах «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Общее материаловедение», «Материалы электронной техники».

Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуальных заданий НИР и практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	4	144	16	16	32	80	ЗаО, КП

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
1. Понятие температуры. Тепловое равновесие.	4	-	4	15	Опрос, рубежный контроль 1
2. Построение температурной шкалы. Термодинамическая температура. Международные температурные шкалы.	4	4	4	15	Опрос, защита лабораторной работы, рубежный контроль 2
3. Температурные технологии. Методы и средства измерения температуры.	4	4	8	20	Опрос, защита лабораторной работы,
4. Общие сведения о датчиках. Основные требования к термометрическим материалам.	4	8	16	30	Опрос, защита лабораторной работы, защита КП

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Понятие температуры. Тепловое равновесие. История термометрии.
1	2	2	Измерение температуры. Теплопередача (теплообмен). Определения единицы температуры.
2	3	2	Построение температурной шкалы. Условные температуры. Условные шкалы. Термодинамическая температура. Шкалы Цельсия и Кельвина.
2	4	2	Сравнение различных шкал. Реализация термодинамической температурной шкалы. Газовый термометр. Погрешности измерения температуры. Международные температурные шкалы.
3	5	2	Температурные технологии. Методы и средства измерения температуры. Типы термометров.

3	6	2	Методы и средства стабилизации температуры. Законы управления температурными процессами.
4	7	2	Общие сведения о датчиках. Основные требования к термометрическим материалам. Терморезисторы. Термисторы. Термоэлектрические датчики температуры. Интегральные датчики температуры.
4	8	2	Математические модели для расчета температуры. Калибровка и поверка средств измерения температуры.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Теплота (тепловая энергия). Теплопередача (теплообмен). Виды теплообмена.
	2	2	Понятие термометра. Сравнение температурных шкал.
2	3	2	Построение температурных шкал. Реализация термодинамической температурной шкалы. Реперные точки для реализации Международной температурной шкалы МТШ-90.
	4	2	Погрешности измерения температуры. Метрологическое обеспечение в термометрии.
3	5-6	4	Методы и средства измерения температуры.
	7	2	Математические модели для расчета температуры.
	8	2	Типы термометров.
4	9	2	Свойства и области применения датчиков температуры.
	10	2	Терморезисторы. Термисторы.
	11	2	Термоэлектрические датчики температуры.
	12	2	Интегральные датчики температуры.
	13-16	8	Публичная защита КП.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	1	4	Методики для воспроизведения реперных точек МТШ-90.
3	2	4	Математическое моделирование свойств датчиков температуры.
4	3	4	Калибровка средств измерения температуры.

4	4	4	Нанесение температурной шкалы. Поверка высокоточных средств измерения температуры.
---	---	---	--

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям
	1	Подготовка к опросам по модулям
	4	Подготовка к рубежному контролю 1
	6	Выполнение КП
2	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторным работам
	1	Подготовка к опросам по модулям
	4	Подготовка к рубежному контролю 2
	4	Выполнение КП
3	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	4	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторным работам
	1	Подготовка к опросам по модулям
	11	Выполнение КП
4	4	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	6	Подготовка к практическим занятиям
	4	Подготовка к лабораторным работам
	1	Подготовка к опросам по модулям
	15	Выполнение КП и подготовка к защите

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

1. Принципы построения температурной шкалы.
2. Условные температуры. Условные шкалы.
3. Термодинамическая температура. Реализация термодинамической температурной шкалы. Газовый термометр.
4. Классификация погрешностей измерений. Методы определения погрешностей измерений.
5. Погрешности измерения температуры.
6. Температурные технологии. Методы и средства измерения температуры.
7. Электронная термометрия.
8. Методы и средства стабилизации температуры.
9. Законы управления температурными процессами.
10. Математические модели для расчета температуры.

11. Классификация датчиков. Датчики измерения температуры.
12. Термометрические материалы.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>):

Сценарий обучения

Модуль 1 Учебно-методические материалы для изучения теоретического материала в объеме лекций, подготовки к практическим занятиям, подготовки к опросам по модулю:

- лекции по модулю №1,
- материалы для самостоятельной работы студентов.

Модуль 2 Учебно-методические материалы для изучения теоретического материала в объеме лекций, подготовки к практическим занятиям, подготовки к опросам по модулю:

- лекции по модулю №2,
- материалы для самостоятельной работы студентов,
- материалы для подготовки к лабораторным работам.

Модуль 3 Учебно-методические материалы для изучения теоретического материала в объеме лекций, подготовки к практическим занятиям, подготовки к лабораторным работам, подготовки к опросам по модулю:

- лекции по модулю №3,
- материалы для самостоятельной работы студентов.

Модуль 4 Учебно-методические материалы для изучения теоретического материала в объеме лекций, подготовки к практическим занятиям, подготовки к опросам по модулю:

- лекции по модулю №4,
- материалы для самостоятельной работы студентов,
- материалы для подготовки к лабораторным работам.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Термометрия: Учеб. пособие / Ю.И. Штерн, А.А. Шерченков, Р.Е. Миронов. - М.: МИЭТ, 2013. - 256 с.
2. Методы и средства измерений: Учебник / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. - 6-е изд., стер. - М.: Академия, 2010. - 336 с.
3. Метрология: Учеб. пособие для вузов / А.А. Дегтярев, В.А. Летягин, А.И. Погалов, С.В. Угольников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Академический Проект, 2020. - 239 с.
4. Материаловедение: Учебник / В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, Д.Н. Романенко [и др.]. - М.: АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 272 с.
5. Измерительные информационные системы: Учебник / Г.Г. Раннев. - М.: Академия, 2010. - 336 с.
6. Основы схемотехники измерительных преобразователей: Учеб. пособие. Ч. 1 / В.Б. Топильский. - М.: МИЭТ, 2011. - 328 с.

7. Средства автоматического контроля технологических параметров : Учебник / С.Г. Сажин. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 368 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211670> (дата обращения: 04.02.2025).

8. Физика полупроводников : учебник / К.В. Шалимова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 384 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210524> (дата обращения: 09.02.2025).

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 29.01.2025). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. **GoogleScholar:** сайт. – США, 2004. – URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 29.01.2025). – Режим доступа: свободный.

3. **База American Chemical Society (ACS):** Некоммерческое научное издательство. – Американское химическое общество, 2021. – URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 29.01.2025).

4. **IOP SCIENCE :** [сайт] . – URL: <http://ecsd1.org/> (дата обращения: 29.01.2025).

5. **Springer:** сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.01.2025). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

6. **Российская государственная библиотека:** сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 22.02.2025)

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **традиционное обучение**.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория «Лаборатория электронных приборов и оборудования»	Лабораторные стенды: - Калибровка средств измерения температуры. - Поверка высокоточных средств измерения температуры. - Воспроизведение реперных точек МТШ-90.	ОС Microsoft Windows, MS Office, Браузер
Учебная аудитория «Лаборатория НИРС»	Компьютер, проекционная установка VIEWSONIC PRO-8500.	ОС Microsoft Windows, MS Office

Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows, MS Office, Браузер
--------------------------------------	---	--

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-3.ТМ** «Способен планировать и проводить экспериментальные исследования термодинамических параметров с использованием современного аналитического и измерительного оборудования».

ФОС по подкомпетенции **ПК-4.ТМ** «Способен анализировать результаты экспериментальных исследований термодинамических параметров, в том числе тепло- и электрофизических свойств материалов и структур на их основе».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина «Термометрия. Методы и средства регулирования температуры» состоит из шести модулей. Первый модуль является базой для изучения последующих. Второй модуль дает представление о реализации единства измерения температуры. В Третьем модуле рассматриваются основные проблемы современной термометрии и классифицируются методы измерения температуры. Рассматриваются средства контактного измерения температуры. В Четвертом модуле представлена классификация датчиков, рассматриваются основные датчики температуры и принципы их функционирования. Определяются материаловедческие особенности термометрических материалов.

Студенты должны осуществлять поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы. Студенты получают допуск к лабораторной работе после ознакомления с описанием лабораторной работы. Для получения допуска необходимо правильно ответить на контрольные вопросы к теоретической части, приведенные в конце описания лабораторной работы.

Выполнение курсового проекта на СРС предполагает формирование у обучающихся подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Оно включает в себя изучение методов и средств измерения температуры, методик поверки и калибровки датчиков температуры. Контроль выполнения студентами

индивидуального задания проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание проделанной работы, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Подготовкой материалов для итоговой аттестации необходимо начать заниматься с первых дней семестра, не устранившись от активного участия в активных видах занятий. Студентам рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем. Студенты должны осуществить поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС) с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *зачёт с оценкой*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачёта с оценкой по дисциплине разработан ФОС, включающие практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

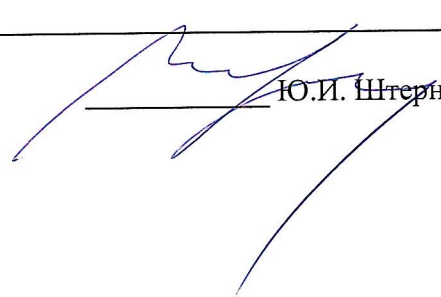
Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru/>).

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

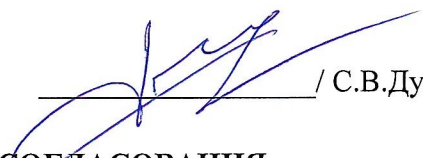
РАЗРАБОТЧИК:

Профессор Института ПМТ, д.т.н., доц.


Ю.И. Штерн

Рабочая программа дисциплины «Термометрия. Методы и средства регулирования температуры» по направлению подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) – «Материалы и технологии микро- и нанoeлектроники» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 28 февраля 2025 года, протокол № 18.

Директор Института ПМТ

 / С.В.Дубков /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 / И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 / Т.П.Филиппова /