

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	6 семестр - 28 часа;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	6 семестр - 87,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Перекрестный опрос Лабораторная работа Эксперимент	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	6 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Устюжанин Е.Е.
	Идентификатор	R19c063b5-UstiuzhaniinYY-41c1a74

(подпись)


Е.Е. Устюжанин

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc


(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов теплофизического эксперимента, их особенностей и практического применения

Задачи дисциплины

- ознакомление с основными методами теплофизического эксперимента; определение целесообразности использования метода границ его применимости по давлению и температуре; изучение возможности и особенностей метода; оценка неопределенности результатов и необходимости внесения поправок; приобретение практических навыков проведения эксперимента и получения достоверных результатов; овладение способами обработки и представления результатов эксперимента..

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-2 Способен к проведению лабораторного и численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных	ИД-2ПК-2 Обосновывает методику исследования теплофизических свойств веществ	знать: - особенности и возможности метода, границы его применимости;
ПК-2 Способен к проведению лабораторного и численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных	ИД-3ПК-2 Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных	знать: - основные приборы и возможности их применения;; - способы обработки результатов эксперимента и расчета неопределенности..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физику, электротехнику, термодинамику, приборы и оборудование для проведения физического эксперимента, методы и способы измерения температуры, давления, расхода жидкости, основы вакуумной техники

- уметь проводить лабораторный эксперимент обрабатывать его результаты
- уметь рассчитывать неопределенность результатов измерений

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	методы исследования термических свойств веществ	36	6	8	12	-	-	-	-	-	-	16	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "методы исследования термических свойств веществ" и ознакомление с описанием лабораторных работ №1 и №2 (КМ-4 и КМ-5)</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> В рамках изучения материала раздела необходимо уметь ответить на предлагаемые вопросы и подготовиться к КМ-1</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 5-39 [2], 3-8 [3], 1-721</p>		
1.1	Введение; методы экспериментального изучения плотности твёрдых тел	12		2	6	-	-	-	-	-	-	-	4		-	
1.2	зависимость плотности твердых тел от температуры	6		2	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-	
1.3	методы определения плотности жидкостей	12		2	6	-	-	-	-	-	-	-	4		-	
1.4	методы определения плотности газов и паров	6		2	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-	
2	методы исследования фазового равновесия	12		4	-	-	-	-	-	-	-	-	8		-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно изучить вопросы в соответствии с темой и подготовиться к КМ-2</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 49-64</p>
2.1	метод определения кривой плавления	6		2	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-	
2.2	методы определения кривой кипения	6		2	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-	
3	методы определения калорических свойств веществ	37		7	4	-	-	-	-	-	-	-	26		-	<p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках задания на самостоятельную работу "Оппонент" подобрать научную статью (автореферат, диссертацию), подробно ознакомиться с</p>
3.1	калориметрия	3		2	-	-	-	-	-	-	-	-	1		-	

3.2	методы определения энтальпии и теплоёмкости твёрдых тел	5	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	проведением реального теплофизического эксперимента и подготовиться к защите реферата КМ-8 <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Повторение материала по разделу "методы определения калорических свойств веществ", подготовка к КМ-2 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65-82
3.3	методы определения теплоёмкости жидкостей и газов	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3.4	подготовка реферата по выбранной теме задания "оппонент" в рамках контрольного мероприятия КМ-8	23	1	4	-	-	-	-	-	-	18	-	
4	методы определения переносных свойств веществ	32	8	12	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение описаний лабораторных работ №3 и №4 и материала лекций. Подготовка отчетов о проведении лабораторных работ, защита лабораторных работ (КМ-6 и КМ-7) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 83-123 [2], 9-26
4.1	методы определения вязкости жидкостей и газов	16	4	6	-	-	-	-	-	-	6	-	
4.2	методы определения теплопроводности	16	4	6	-	-	-	-	-	-	6	-	
5	методы экспериментального определения поверхностного натяжения и краевых углов смачивания	9	1	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> В рамках задания на самостоятельную работу изучить литературу и подготовиться к КМ-3.
5.1	метод капиллярного поднятия жидкости	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
5.2	метод взвешивания капель	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
5.3	методы отрыва кольца и вытягивания пластины	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
	Зачет с оценкой	18.00	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.70	
	Всего за семестр	144.00	28	28	-	-	-	-	-	0.3	70	17.70	
	Итого за семестр	144.00	28	28	-	-	-	-	-	0.3	87.70		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. методы исследования термических свойств веществ

1.1. Введение; методы экспериментального изучения плотности твёрдых тел метод гидростатического взвешивания, погрешность метода, область применения; метод с использованием пикнометра; метод Лермантова.

1.2. зависимость плотности твердых тел от температуры коэффициенты линейного и объёмного расширения; методы их определения; метод Физо, метод двух микроскопов (компаратор); дилатометрия, метод Генинга..

1.3. методы определения плотности жидкостей метод гидростатического взвешивания; пример установки Тимрота и Павловича; метод с использованием пикнометра, примеры использования метода при высоких давлениях.

1.4. методы определения плотности газов и паров микровесы; метод Майера; адсорбционный метод; методы с использованием пьезометров переменного объёма; работы Амага, Михельса; поршневой и сильфонный пьезометры; методы с использованием пьезометров постоянного объёма; примеры экспериментальных установок Кириллина, Тимрота; метод Барнета для определения сжимаемости газов.

2. методы исследования фазового равновесия

2.1. метод определения кривой плавления обработка результатов с привлечением теории..

2.2. методы определения кривой кипения метод точек кипения; статический метод; метод вскипания жидкости. Примеры экспериментальных установок; методы Ленгмюра и Кнудсена для малых давлений.

3. методы определения calorических свойств веществ

3.1. калориметрия типы калориметров (обыкновенный жидкостный; массивный; адиабатный; компенсационный; дифференциальный; ледяной; кипящий).

3.2. методы определения энтальпии и теплоёмкости твёрдых тел метод смешения; метод непосредственного нагрева. Система допущений и поправок; ожидаемая погрешность.

3.3. методы определения теплоёмкости жидкостей и газов метод протока; метод взрыва.

3.4. подготовка реферата по выбранной теме задания "оппонент" в рамках контрольного мероприятия КМ-8 изучение выбранной студентом оригинальной экспериментальной работы и её защита, КМ-8.

4. методы определения переносных свойств веществ

4.1. методы определения вязкости жидкостей и газов

метод истечения через капилляр; вискозиметры Ренкина, Зигварта. кольцевые весы Тимрота; методы с использованием крутильных колебаний; метод колеблющихся дисков Максвелла; примеры реализации метода в установках Швидковского, Тимрота и Варавы при исследованиях щелочных металлов; установка Федоровича..

4.2. методы определения теплопроводности

метод продольного теплового потока для твердых тел; метод Егера и Диссельхорста; метод плоского слоя (система допущений и поправок, ожидаемая погрешность); методы коаксиальных цилиндров, сферического слоя для определения теплопроводности жидкостей; комбинированные методы; метод нагретой проволоки (система поправок, границы применимости); модифицированный метод нагретой проволоки; пример использования цельнометаллической ячейки для исследования паров щелочных металлов..

5. методы экспериментального определения поверхностного натяжения и краевых углов смачивания

5.1. метод капиллярного поднятия жидкости

теория метода; внесение поправок; примеры использования.

5.2. метод взвешивания капель

теория метода; особенности применения метода.

5.3. методы отрыва кольца и вытягивания пластины

теория методов; примеры экспериментального использования.

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Определение теплопроводности жидкости;
2. Определение удельного объема воды;
3. Определение плотности твердого тела;
4. Определение вязкости жидкости.

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации проводятся по разделу "методы исследования термических свойств веществ", подготовке к лабораторным работам №1 и №2
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "методы исследования фазового равновесия"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "методы определения калорических свойств веществ"
4. консультации по выбору работы в рамках задания на самостоятельную работу "Оппонент"

5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий КМ-6 и КМ-7 по разделу "методы исследования переносных свойств веществ" и подготовке к лабораторным работам №3 и №4
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "методы исследования поверхностного натяжения и краевых углов смачивания"

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	4	5	
Знать:							
особенности и возможности метода, границы его применимости;	ИД-2ПК-2	+	+		+		Контрольная работа/КМ-1 методы исследования термических свойств веществ Контрольная работа/КМ-2 Методы исследования фазового равновесия Контрольная работа/КМ-3 Методы исследования поверхностного натяжения и краевых углов смачивания Лабораторная работа/КМ-5 Выполнение и защита лабораторной работы №2 по определению удельного объема воды Перекрестный опрос/КМ-6 Защита лабораторной работы №3 по определению теплопроводности жидкости
способы обработки результатов эксперимента и расчета неопределенности.	ИД-3ПК-2			+	+	+	Перекрестный опрос/КМ-4 защита лабораторной работы №1 по определению плотности твердого тела
основные приборы и возможности их применения;	ИД-3ПК-2		+	+	+	+	Лабораторная работа/КМ-7 Защита лабораторной работы №4 по определению вязкости жидкости Эксперимент/КМ-8 выполнение самостоятельной работы "Оппонент"

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. КМ-1 методы исследования термических свойств веществ (Контрольная работа)
2. КМ-2 Методы исследования фазового равновесия (Контрольная работа)
3. КМ-3 Методы исследования поверхностного натяжения и краевых углов смачивания (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-4 защита лабораторной работы №1 по определению плотности твердого тела (Перекрестный опрос)
2. КМ-5 Выполнение и защита лабораторной работы №2 по определению удельного объема воды (Лабораторная работа)
3. КМ-6 Защита лабораторной работы №3 по определению теплопроводности жидкости (Перекрестный опрос)
4. КМ-7 Защита лабораторной работы №4 по определению вязкости жидкости (Лабораторная работа)
5. КМ-8 выполнение самостоятельной работы "Оппонент" (Эксперимент)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №6)

При выполнении всех контрольных мероприятий выводится средний балл и округляется до целого значения

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Буринский, В. В. Методы экспериментального определения теплофизических свойств веществ : учебное пособие для вузов по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" по профилю "Теплофизика" / В. В. Буринский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 140 с. - ISBN 978-5-383-00888-1 .;

2. Экспериментальные методы исследования теплофизических свойств веществ. Лабораторные работы : практикум по курсу "Экспериментальное исследование свойств веществ" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. В. Буринский, О. Д. Захарова, В. И. Мирошниченко, Е. Е. Устюжанин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 28 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8480;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8480)

3. Н. Б. Вартгафтик- "Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей", (Изд. 2-е, доп. и перераб.), Издательство: "Наука", Москва, 1972 - (721 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447977>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux;
2. Майнд Видеоконференции.

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
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Т-210, Учебная лаборатория экспериментальных методов исследования	стол преподавателя, стол учебный, стул, оборудование учебное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для	Т-205, Учебная	стол преподавателя, стол учебный,

консультирования	аудитория	стул, шкаф, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Экспериментальное исследование свойств веществ

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 методы исследования термических свойств веществ (Контрольная работа)
 КМ-2 КМ-2 Методы исследования фазового равновесия (Контрольная работа)
 КМ-3 КМ-3 Методы исследования поверхностного натяжения и краевых углов смачивания (Контрольная работа)
 КМ-4 КМ-4 защита лабораторной работы №1 по определению плотности твердого тела (Перекрестный опрос)
 КМ-5 КМ-5 Выполнение и защита лабораторной работы №2 по определению удельного объема воды (Лабораторная работа)
 КМ-6 КМ-6 Защита лабораторной работы №3 по определению теплопроводности жидкости (Перекрестный опрос)
 КМ-7 КМ-7 Защита лабораторной работы №4 по определению вязкости жидкости (Лабораторная работа)
 КМ-8 КМ-8 выполнение самостоятельной работы "Оппонент" (Эксперимент)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	13	13	13	13	14
1	методы исследования термических свойств веществ									
1.1	Введение; методы экспериментального изучения плотности твёрдых тел		+	+	+		+	+		
1.2	зависимость плотности твердых тел от температуры		+	+	+		+	+		
1.3	методы определения плотности жидкостей		+	+	+		+	+		
1.4	методы определения плотности газов и паров		+	+	+		+	+		
2	методы исследования фазового равновесия									
2.1	метод определения кривой плавления		+	+	+		+	+		
2.2	методы определения кривой кипения		+	+	+		+	+	+	+
3	методы определения калорических свойств веществ									
3.1	калориметрия								+	+

3.2	методы определения энтальпии и теплоёмкости твёрдых тел							+	+
3.3	методы определения теплоёмкости жидкостей и газов							+	+
3.4	подготовка реферата по выбранной теме задания "оппонент" в рамках контрольного мероприятия КМ-8				+				
4	методы определения переносных свойств веществ								
4.1	методы определения вязкости жидкостей и газов	+	+	+	+	+	+	+	+
4.2	методы определения теплопроводности	+	+	+	+	+	+		
5	методы экспериментального определения поверхностного натяжения и краевых углов смачивания								
5.1	метод капиллярного поднятия жидкости				+			+	+
5.2	метод взвешивания капель				+			+	+
5.3	методы отрыва кольца и вытягивания пластины				+			+	+
Вес КМ, %:		10	10	10	10	10	10	10	30