

**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**  
**ТЕОРИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.09</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 5; 8 семестр - 4; всего - 9</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>324 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 2 часа; всего - 4 часа</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 113,5 часов; 8 семестр - 85,5 часа; всего - 199,0 часа</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>8 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 1,0 час</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Мирошниченко В.И.
	Идентификатор	R0ce031da-MiroshnichenVI-05c1a7

(подпись)

В.И.  
Мирошниченко

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении методов расчета теплофизических свойств веществ на основе термодинамики, статистической физики и физической кинетики с использованием данных о макроскопическом поведении и микроскопической структуре вещества.

### Задачи дисциплины

- приобретение ясного представления о теплофизических свойствах различных систем – как чистых веществ, так и смесей, в том числе реагирующих, в широком диапазоне температур и давлений;

- изучение физических механизмов, лежащих в основе различных аспектов теплового поведения веществ;

- обучение термодинамическим и молекулярно-кинетическим методам теоретического исследования..

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-3 Способен проводить расчеты теплофизических характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- термодинамический метод получения теплофизических свойств реальных веществ;</li><li>- термодинамический метод получения теплофизических свойств реальных смесей;</li><li>- молекулярно-кинетический метод получения коэффициентов переноса;</li><li>- молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств смесей идеальных газов;</li><li>- молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств идеальных газов;</li><li>- основные источники научно-технической информации по теплофизическим свойствам веществ.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выбирать потенциалы межмолекулярного взаимодействия;</li><li>- самостоятельно пользоваться справочной литературой и методиками расчета и применять их для решения поставленной задачи.</li></ul>

## 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.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 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	Раздел	36	7	8	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Решение задач <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.5-25		
1.1	Введение. Термодинамический метод теории теплофизических свойств	36		8	-	8	-	-	-	-	-	-	20		-	
2	Раздел	36		8	-	8	-	-	-	-	-	-	20		-	
2.1	Метод статистической термодинамики. Идеальные газы.	36		8	-	8	-	-	-	-	-	-	20		-	
3	Раздел	36		8	-	8	-	-	-	-	-	-	20		-	
3.1	Статистическая термодинамика смесей идеальных газов	36		8	-	8	-	-	-	-	-	-	20		-	
4	Раздел	36		8	-	8	-	-	-	-	-	-	20		-	
4.1	Термодинамические свойства химически реагирующих систем	36		8	-	8	-	-	-	-	-	-	20		-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	-	0.5	-		33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>		<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>80</b>		<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>113.5</b>					
5	Раздел	27	8	7	-	7	-	-	-	-	-	13	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Решение задач <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>		
5.1	Силы межмолекулярного	27		7	-	7	-	-	-	-	-	-	13		-	

взаимодействия												<u>источников:</u> [2], стр.181-193	
6	Раздел	27	7	-	7	-	-	-	-	-	13	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>
6.1	Термодинамические свойства реальных веществ	27	7	-	7	-	-	-	-	-	13	-	Решение задач
7	Раздел	27	7	-	7	-	-	-	-	-	13	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>
7.1	Термодинамические свойства реальных смесей	27	7	-	7	-	-	-	-	-	13	-	Решение задач
8	Раздел	27	7	-	7	-	-	-	-	-	13	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>
8.1	Процессы переноса в газах.	27	7	-	7	-	-	-	-	-	13	-	Решение задач
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	-	<b>28</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>52</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	-	<b>28</b>		<b>2</b>		-	<b>0.5</b>		<b>85.5</b>	
	<b>ИТОГО</b>	<b>324.0</b>	-	<b>60</b>	-	<b>60</b>	<b>4</b>		-	<b>1.0</b>		<b>199.0</b>	

**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. Раздел

#### 1.1. Введение. Термодинамический метод теории теплофизических свойств

Введение. Теория теплофизических свойств веществ - основа разработки справочных данных, научный подход к прогнозированию и созданию методов расчетно-теоретического предсказания теплофизического поведения веществ. Термодинамический метод теории теплофизических свойств веществ. Термодинамические потенциалы и вычисление на их основе любых термодинамических свойств веществ. Построение термодинамических потенциалов чистых однофазных веществ по ограниченным экспериментальным данным..

### 2. Раздел

#### 2.1. Метод статистической термодинамики. Идеальные газы.

Метод статистической термодинамики. Использование ансамблей Гиббса для вычисления термодинамических потенциалов и расчета термодинамических свойств веществ по молекулярным данным. Статистическая термодинамика идеальных газов. Расчет термодинамических функций по молекулярным данным..

### 3. Раздел

#### 3.1. Статистическая термодинамика смесей идеальных газов

Смеси (растворы). Статистическая термодинамика смесей идеальных газов. Основные понятия термодинамики растворов. Избыточные и парциальные термодинамические функции, эффекты смешения. Уравнения Гиббса-Дюгема. Идеальные и реальные смеси (растворы)..

### 4. Раздел

#### 4.1. Термодинамические свойства химически реагирующих систем

Методы расчета состава и термодинамических свойств химически реагирующих систем. Термодинамические константы равновесия. Тепловые эффекты химических реакций. Уравнения химического равновесия. Термодинамические свойства химически реагирующих смесей идеальных газов..

### 5. Раздел

#### 5.1. Силы межмолекулярного взаимодействия

Теория сил межмолекулярного взаимодействия.

### 6. Раздел

#### 6.1. Термодинамические свойства реальных веществ

Термодинамические свойства реальных веществ. Фазовые превращения в чистых веществах. Единые уравнения состояния. Термодинамическое поведение чистых веществ в области фазовых переходов. Критические явления. Статистическая термодинамика реальных газов. Расчет вириальных коэффициентов по молекулярным данным. Молекулярные основы теории термодинамического подобия веществ. Феноменологические методы термодинамического подобия..

### 7. Раздел

### 7.1. Термодинамические свойства реальных смесей

Смеси реальных газов. Фазовые равновесия в смесях (растворах). Фазовые диаграммы и термодинамические свойства смесей для равновесия газ - жидкость, жидкость - жидкость, газ - газ, жидкость - твердое тело. Критические явления в растворах. Методы расчета состава и термодинамических свойств гетерогенных многокомпонентных систем..

## 8. Раздел

### 8.1. Процессы переноса в газах.

Элементы теории процессов переноса в разреженных газах. Сечения межмолекулярных столкновений, их вычисление по данным о межмолекулярном взаимодействии. Вязкость и теплопроводность разреженных одноатомных газов. Влияние внутренних степеней свободы молекул на процессы переноса в разреженных газах. Вязкость и теплопроводность плотных газов и жидкостей..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Групповые свойства, интегралы, формула и теорема Майера, активность, вириальные коэффициенты, потенциалы взаимодействия различного вида;
2. Термодинамические диаграммы реальных веществ. Изолинии;
3. Электрические моменты молекул. Взаимодействие частиц;
4. Химически реагирующие смеси. Состав. Свойства;
5. Стандартные термодинамические функции;
6. Поступательные и внутренние составляющие термодинамических функций;
7. Реальные смеси, избыточные функции, парциальные термодинамические функции;
8. Дифференциальные соотношения термодинамики;
9. Смеси идеальных газов. Состав. Свойства;
10. Коэффициенты переноса.

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"

### 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	6	7	8		
<b>Знать:</b>											
основные источники научно-технической информации по теплофизическим свойствам веществ	ИД-2ПК-3	+									Контрольная работа/КМ1
молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств идеальных газов	ИД-2ПК-3		+								Контрольная работа/КМ2
молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств смесей идеальных газов	ИД-2ПК-3			+							Контрольная работа/КМ3
молекулярно-кинетический метод получения коэффициентов переноса	ИД-2ПК-3									+	Контрольная работа/КМ8
термодинамический метод получения теплофизических свойств реальных смесей	ИД-2ПК-3								+		Контрольная работа/КМ7
термодинамический метод получения теплофизических свойств реальных веществ	ИД-2ПК-3							+			Контрольная работа/КМ6
<b>Уметь:</b>											
самостоятельно пользоваться справочной литературой и методиками расчета и применять их для решения поставленной задачи	ИД-2ПК-3				+						Контрольная работа/КМ4
выбирать потенциалы межмолекулярного взаимодействия	ИД-2ПК-3					+					Контрольная работа/КМ5

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ1 (Контрольная работа)
2. КМ2 (Контрольная работа)
3. КМ3 (Контрольная работа)
4. КМ4 (Контрольная работа)

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ5 (Контрольная работа)
2. КМ6 (Контрольная работа)
3. КМ7 (Контрольная работа)
4. КМ8 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №7)

Экзамен (Семестр №8)

Итоговая оценка определяется как средняя из оценок семестровых

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

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

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

1. Шпильрайн, Э. Э. Основы теории теплофизических свойств веществ : Учебное пособие для вузов по специальности "Теплофизика" / Э. Э. Шпильрайн, П. М. Кессельман . – М. : Энергия, 1977 . – 248 с.;
2. Л. В. Гурвич, Н. В. Вейц, В. А. Медведев- "Термодинамические свойства индивидуальных веществ: справочное издание", (Изд. 3-е, перераб. и расшир.), Издательство: "Наука", Москва, 1978 - (497 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495518>.

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

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

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

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. 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-408, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-408, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-408, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, 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 консультирования	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Теория теплофизических свойств веществ**

(название дисциплины)

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

КМ-1 КМ1 (Контрольная работа)

КМ-2 КМ2 (Контрольная работа)

КМ-3 КМ3 (Контрольная работа)

КМ-4 КМ4 (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Раздел					
1.1	Введение. Термодинамический метод теории теплофизических свойств		+			
2	Раздел					
2.1	Метод статистической термодинамики. Идеальные газы.			+		
3	Раздел					
3.1	Статистическая термодинамика смесей идеальных газов				+	
4	Раздел					
4.1	Термодинамические свойства химически реагирующих систем					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

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

КМ-5 КМ5 (Контрольная работа)

КМ-6 КМ6 (Контрольная работа)

КМ-7 КМ7 (Контрольная работа)

КМ-8 КМ8 (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя	4	8	12	16

		КМ:				
1	Раздел					
1.1	Силы межмолекулярного взаимодействия	+				
2	Раздел					
2.1	Термодинамические свойства реальных веществ		+			
3	Раздел					
3.1	Термодинамические свойства реальных смесей			+		
4	Раздел					
4.1	Процессы переноса в газах.					+
		Вес КМ, %:	25	25	25	25