

**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**  
**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ТЕПЛОФИЗИКИ**

<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.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 4; 8 семестр - 3; всего - 7
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	252 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 14 часов; всего - 46 часа
<b>Лабораторные работы</b>	8 семестр - 28 часа;
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 77,5 часа; 8 семестр - 65,7 часа; всего - 143,2 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Программирование (код) Проверочная работа Лабораторная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен Зачет с оценкой	7 семестр - 0,5 часа; 8 семестр - 0,3 часа; всего - 0,8 часа

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Минко К.Б.
	Идентификатор	Rесbаdeаb-MinkоKB-6с41f784

К.Б. Минко


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

Г.Г. Яньков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Rа5495398-GerasimovDN-6b58615

Д.Н. Герасимов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** цель освоения дисциплины состоит в изучении теоретических основ численных методов молекулярной динамики и численного моделирования процессов, описываемых обобщенным уравнением переноса, и приобретении навыков самостоятельного решения теплофизических задач с помощью компьютера

### Задачи дисциплины

- овладение методами построения дискретных задач, описываемых обобщенным уравнением переноса;
- изучение особенностей различных схем дискретизации;
- изучение методов решения дискретных аналогов;
- изучение основ моделирования динамического поведения систем многих частиц;
- знакомство с методами Монте-Карло для моделирования равновесных макроскопических систем;
- приобретение навыков использования численных методов для решения теплофизических задач;
- приобретение практических навыков написания программного обеспечения для решения теплофизических задач.

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-3 <sub>ПК-2</sub> Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных	уметь: - обрабатывать результаты расчета процессов гидродинамики и теплообмена; - составлять математическое описание задач гидродинамики и теплообмена.
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-4 <sub>ПК-2</sub> Владеет методами математического моделирования теплофизических процессов	знать: - метод контрольного объема; - метод молекулярной динамики; - математическое описание задач теплопроводности.  уметь: - решать одномерные задачи теплопроводности методом контрольного объема; - использовать метод Монте-Карло для исследования микроканонического ансамбля; - моделировать динамику замкнутой системы многих частиц при постоянной температуре или давлении методом

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		молекулярной динамики; - решать двумерные задачи теплопроводности методом контрольного объема; - решать задачи о полностью развитом течении и теплообмене при течении жидкости в каналах методом контрольного объема; - решать нестационарные уравнения обобщенной диффузии методом контрольного объема; - использовать численные методы для решения задачи Коши для системы ОДУ; - моделировать динамику замкнутой системы многих частиц методом молекулярной динамики; - решать задачи с использованием метода конечных разностей; - рассчитывать определенные интегралы с требуемой точностью методом Монте-Карло.

## 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 основы математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления
- знать основные методы численного решения математических задач
- знать основные законы механики
- знать основные термодинамические законы и модели
- знать методы расчета термодинамических свойств
- знать основы статистической физики равновесных систем
- знать дифференциальные уравнения законов сохранения
- уметь находить производные и интегралы аналитических функций
- уметь проводить математические преобразования
- уметь создавать компьютерные программы
- уметь решать нелинейные уравнения
- уметь решать системы нелинейных уравнений
- уметь уметь писать программы на языке программирования высокого уровня

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 7 зачетных единиц, 252 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	Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло	16	7	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Метод Монте-Карло"
1.1	Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
2	Основы численного решения задач теплообмена	24		8	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы численного решения задач теплообмена" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п.1-2 [2], гл. 1
2.1	Основы численного решения задач теплообмена	24		8	-	4	-	-	-	-	-	12	-	
3	Особенности численного решения задач теплообмена методом контрольного объема	44		16	-	16	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности численного решения задач теплообмена методом контрольного объема" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п. 4-5 [3], гл. 9
3.1	Особенности численного решения задач теплообмена методом	44		16	-	16	-	-	-	-	-	12	-	

	контрольного объема													
4	Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей	24		4	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей"
4.1	Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей	24		4	-	8	-	-	-	-	12	-		
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32		2		-	0.5		77.5	
5	Современные средства вычислительной гидродинамики	24	8	-	8	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Современные средства вычислительной гидродинамики"
5.1	Современные средства вычислительной гидродинамики	24		-	8	4	-	-	-	-	-	12	-	
6	Введение в вычислительные методы молекулярной динамики	50		-	16	8	-	-	-	-	-	26	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение в вычислительные методы молекулярной динамики" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], гл. 3
6.1	Введение в вычислительные методы молекулярной динамики	50		-	16	8	-	-	-	-	-	26	-	
7	Метод Монте-Карло	16		-	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Метод Монте-Карло" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], гл. 4
7.1	Метод Монте-Карло	16		-	4	2	-	-	-	-	-	10	-	

	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0		-	28	14	-	-	-	-	0.3	48	17.7	
	Итого за семестр	108.0		-	28	14	-	-	-	-	0.3	-	65.7	
	<b>ИТОГО</b>	<b>252.0</b>	-	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>46</b>	<b>2</b>	-	-	-	<b>0.8</b>	-	<b>143.2</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло

##### 1.1. Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло

Вычисление интегралов простейшим методом Монте-Карло. Анализ погрешности метода Монте-Карло..

#### 2. Основы численного решения задач теплообмена

##### 2.1. Основы численного решения задач теплообмена

Задачи теплообмена и законы сохранения. Сопоставление интегральной и дифференциальной форм законов сохранения. Обобщенное уравнение переноса. Классификация задач по виду уравнения переноса, ее связь с классификацией дифференциальных уравнений в частных производных. Краевые (начальные и граничные) условия. Классификация граничных условий. Дискретизация задач теплообмена. Цель дискретизации. Сетки, шаблоны, схемы дискретизации. Сеточные функции. Роль начальных и граничных условий в задачах теплообмена. Базовое представление об основных методах дискретизации задач, описываемых уравнением переноса: метод конечно-разностной аппроксимации, метод контрольного объема, метод конечных элементов..

#### 3. Особенности численного решения задач теплообмена методом контрольного объема

##### 3.1. Особенности численного решения задач теплообмена методом контрольного объема

Метод контрольного объема. Решение стационарного одномерного уравнения обобщенной диффузии. Аппроксимация диффузионного потока на грани контрольного объема (КО). Свойство “консервативности” схемы. Особенности решения задач в пространственно неоднородных системах, в системах с переменными физическими свойствами. Вид дискретного аналога для внутренних КО. Аппроксимация граничных условий. Использование граничных условий третьего рода для задания граничных условий первого и второго рода. Численное решение дискретного аналога. Критерий сходимости. Прямые и итерационные методы решения дискретного аналога. Особенности решение стационарного уравнения диффузии в двухмерной и трехмерной области. Особенности дискретизации уравнения переноса по МКО с учетом конвекции. Аппроксимация плотности конвективно-диффузионного потока на грани контрольного объема. Конвективно-диффузионные задачи. Дискретизация конвективной составляющей плотности потока. Схемы аппроксимации конвективно-диффузионного потока. Схемная искусственная диффузия. Схемы дискретизации задачи, описываемой локальным уравнением сохранения. Сопоставление явной, полностью неявной и центрированной (Кранка-Николсона) схем дискретизации. Условно и безусловно устойчивые схемы дискретизации. Условия устойчивости и монотонности разных схем дискретизации. Решение нестационарных задач конвективно-диффузионного переноса..

#### 4. Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей

##### 4.1. Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей

Метод конечных разностей. Способы аппроксимация первых производных: использование рядов Тейлора, сглаживание полиномами, компактные схемы. Особенности



аппроксимации на неравномерных сетках. Аппроксимация вторых производных. Аппроксимация источниковых слагаемых. Способы аппроксимации граничных и начальных условий. Порядок аппроксимации производных и уравнения переноса..

### 5. Современные средства вычислительной гидродинамики

#### 5.1. Современные средства вычислительной гидродинамики

История создания CFD-кодов, их классификация. Архитектура современных CFD-кодов: препроцессор, генератор сетки, решатель (солвер), постпроцессор. Открытые и коммерческие CFD-коды..

### 6. Введение в вычислительные методы молекулярной динамики

#### 6.1. Введение в вычислительные методы молекулярной динамики

Классическая молекулярная динамика. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Уравнения движения. Граничные и начальные условия. Вычисление средних значений. Расчет макроскопических величин. Простые свойства переноса. Моделирование динамики замкнутой системы многих частиц. Моделирование динамики системы многих частиц при постоянной температуре или давлении..

### 7. Метод Монте-Карло

#### 7.1. Метод Монте-Карло

Моделирование микроканонического ансамбля методом Монте-Карло. Модель Изинга. Моделирование канонического ансамбля методом Монте-Карло. Алгоритм Метрополиса. Моделирование классических жидкостей..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Выполнение индивидуальных заданий по теме “Решение уравнения Бюргера методом конечных разностей”;
2. Выполнение индивидуальных заданий по теме “Решение уравнения нестационарной обобщенной диффузии”;
3. Выполнение индивидуальных заданий по теме “Течение и теплоперенос в каналах”;
4. Моделирование системы методом Монте-Карло в микроканоническом ансамбле;
5. Схемы аппроксимации конвективно-диффузионного потока;
6. Вычисление интегралов простейшим методом Монте-Карло;
7. Обобщенное уравнение переноса;
8. Примеры дискретизации задачи одномерной стационарной диффузии с помощью метода контрольного объема;
9. Разработка программы решения задачи одномерной стационарной диффузии;
10. Выполнение индивидуальных заданий по теме “Определение эффективной теплопроводности композитного материала”;
11. Выполнение индивидуальных заданий по теме “Решение одномерных задач теплопроводности”;
12. Открытые и коммерческие CFD-коды;
13. Архитектура современных CFD-кодов;
14. Моделирование динамики замкнутой системы многих частиц;
15. Схемы дискретизации задачи, описываемой локальным уравнением сохранения;
16. Введение в вычислительные методы молекулярной динамики;
17. Разработка программы молекулярной динамики;
18. Моделирование динамики системы многих частиц при постоянной температуре или

давлении;

19. Разработка программы решения задачи двухмерной стационарной диффузии;
20. Введение в численные методы;
21. Метод конечных разностей. Аппроксимация различных членов обобщенного уравнения переноса.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Численный алгоритм расчета траекторий частиц;
2. Моделирование процессов гидродинамики и теплообмена при обтекания одиночного цилиндра при низких числах Рейнольдса;
3. Моделирование динамики системы многих частиц при постоянной температуре или давлении;
4. Моделирование динамики замкнутой системы многих частиц;
5. Моделирование системы методом Монте-Карло в микроканоническом ансамбле.

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по разделу "Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло"
2. Обсуждение материалов по разделу "Основы численного решения задач теплообмена"
3. Обсуждение материалов по разделу "Особенности численного решения задач теплообмена методом контрольного объема"
4. Обсуждение материалов по разделу "Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей"
5. Обсуждение материалов по разделу "Современные средства вычислительной гидродинамики"
6. Обсуждение материалов по разделу "Введение в вычислительные методы молекулярной динамики"
7. Обсуждение материалов по разделу "Метод Монте-Карло"

### **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		
<b>Знать:</b>										
математическое описание задач теплопроводности	ИД-4ПК-2		+							Проверочная работа/Решение одномерных задач теплопроводности
метод молекулярной динамики	ИД-4ПК-2							+		Лабораторная работа/Моделирование динамики замкнутой системы многих частиц
метод контрольного объема	ИД-4ПК-2			+						Проверочная работа/Определение эффективной теплопроводности композитного материала
<b>Уметь:</b>										
составлять математическое описание задач гидродинамики и теплообмена	ИД-3ПК-2						+			Лабораторная работа/Моделирование процессов гидродинамики и теплообмена при обтекания одиночного цилиндра при низких числах Рейнольдса
обрабатывать результаты расчета процессов гидродинамики и теплообмена	ИД-3ПК-2						+			Лабораторная работа/Моделирование процессов гидродинамики и теплообмена при обтекания одиночного цилиндра при низких числах Рейнольдса
рассчитывать определенные интегралы с требуемой точностью методом Монте-Карло	ИД-4ПК-2	+								Программирование (код)/Вычисление интегралов простейшим методом Монте-Карло
решать задачи с использованием метода конечных разностей	ИД-4ПК-2					+				Программирование (код)/Использование МКО и МКР для решения уравнения нестационарной обобщенной диффузии
моделировать динамику замкнутой системы многих частиц методом молекулярной динамики	ИД-4ПК-2							+		Лабораторная работа/Моделирование динамики замкнутой системы многих частиц
использовать численные методы для решения задачи Коши для системы ОДУ	ИД-4ПК-2							+		Лабораторная работа/Численный алгоритм расчета траекторий частиц
решать нестационарные уравнения обобщенной диффузии методом	ИД-4ПК-2			+						Программирование (код)/Использование МКО и МКР для решения уравнения нестационарной

контрольного объема									обобщенной диффузии
решать задачи о полностью развитом течении и теплообмене при течении жидкости в каналах методом контрольного объема	ИД-4ПК-2			+					Программирование (код)/Течение и теплоперенос в каналах
решать двумерные задачи теплопроводности методом контрольного объема	ИД-4ПК-2			+					Проверочная работа/Определение эффективной теплопроводности композитного материала
моделировать динамику замкнутой системы многих частиц при постоянной температуре или давлении методом молекулярной динамики	ИД-4ПК-2						+		Лабораторная работа/Моделирование динамики системы многих частиц при постоянной температуре или давлении
использовать метод Монте-Карло для исследования микрканонического ансамбля	ИД-4ПК-2							+	Лабораторная работа/Моделирование системы методом Монте-Карло в микрканоническом ансамбле
решать одномерные задачи теплопроводности методом контрольного объема	ИД-4ПК-2			+					Проверочная работа/Решение одномерных задач теплопроводности

#### **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: Проверка задания

1. Вычисление интегралов простейшим методом Монте-Карло (Программирование (код))
2. Использование МКО и МКР для решения уравнения нестационарной обобщенной диффузии (Программирование (код))
3. Течение и теплоперенос в каналах (Программирование (код))

Форма реализации: Смешанная форма

1. Определение эффективной теплопроводности композитного материала (Проверочная работа)
2. Решение одномерных задач теплопроводности (Проверочная работа)

**8 семестр**

Форма реализации: Проверка задания

1. Моделирование динамики системы многих частиц при постоянной температуре или давлении (Лабораторная работа)
2. Моделирование процессов гидродинамики и теплообмена при обтекания одиночного цилиндра при низких числах Рейнольдса (Лабораторная работа)
3. Моделирование системы методом Монте-Карло в микроканоническом ансамбле (Лабораторная работа)
4. Численный алгоритм расчета траекторий частиц (Лабораторная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Моделирование динамики замкнутой системы многих частиц (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №7)

Зачет с оценкой (Семестр №8)

В приложение к диплому выносится оценка за Экзамен (Часть 1).

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. Яньков Г.Г.- "Численное решение задач гидродинамики и тепломассообмена",  
Издательство: "МЭИ", Москва, 2020  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014257.html>;
2. Ягов В.В.- "Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях",  
Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012451.html>;
3. Патанкар, С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах : пер. с англ. / С. В. Патанкар . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 312 с. - ISBN 5-7046-0898-1 .;
4. Хеерман, Д. В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике : пер. с англ. / Д. В. Хеерман . – М. : Наука, 1990 . – 176 с. – (Компьютеры в физике) . - ISBN 5-02-014347-2 ..

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Ansys / CAE Fidesys;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Python;
6. GNU Compiler Collection;
7. Spyder.

### 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>

## 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-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для	Т-412, Учебная	стол преподавателя, стол учебный,

проведения промежуточной аттестации	лаборатория вычислительной техники	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, 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

### Численное решение задач теплофизики

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 Вычисление интегралов простейшим методом Монте-Карло (Программирование (код))
- КМ-2 Решение одномерных задач теплопроводности (Проверочная работа)
- КМ-3 Определение эффективной теплопроводности композитного материала (Проверочная работа)
- КМ-4 Течение и теплоперенос в каналах (Программирование (код))
- КМ-5 Использование МКО и МКР для решения уравнения нестационарной обобщенной диффузии (Программирование (код))

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	11	12	15
1	Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло						
1.1	Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло		+				
2	Основы численного решения задач теплообмена						
2.1	Основы численного решения задач теплообмена			+			
3	Особенности численного решения задач теплообмена методом контрольного объема						
3.1	Особенности численного решения задач теплообмена методом контрольного объема			+	+	+	+
4	Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей						
4.1	Особенности численного решения задач теплообмена методом конечных разностей						+
Вес КМ, %:			5	25	25	20	25

#### 8 семестр

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

- КМ-1 Моделирование процессов гидродинамики и теплообмена при обтекания одиночного цилиндра при низких числах Рейнольдса (Лабораторная работа)
- КМ-2 Численный алгоритм расчета траекторий частиц (Лабораторная работа)
- КМ-3 Моделирование динамики замкнутой системы многих частиц (Лабораторная работа)
- КМ-4 Моделирование динамики системы многих частиц при постоянной температуре или давлении (Лабораторная работа)
- КМ-5 Моделирование системы методом Монте-Карло в микроканоническом ансамбле



(Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	7	11	12	13
1	Современные средства вычислительной гидродинамики						
1.1	Современные средства вычислительной гидродинамики		+				
2	Введение в вычислительные методы молекулярной динамики						
2.1	Введение в вычислительные методы молекулярной динамики			+	+	+	
3	Метод Монте-Карло						
3.1	Метод Монте-Карло						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20