

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 12 от 26.12.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
Основы термодинамики и теплопередачи

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
15.03.03 - Прикладная механика

---

Направленность образовательной программы  
Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Основы термодинамики и теплопередачи относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах	ПК-3.1: Знает методологию определения круга задач в рамках поставленной цели. ПК-3.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование. ПК-3.3: Имеет практический опыт применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах	ПК-3.1: Знает методологию определения круга задач в рамках поставленной цели.  ПК-3.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование  ПК-3.3: Владеет навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>16</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>

- КСР	1
самостоятельная работа	23
Промежуточная аттестация	0 зачёт

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 ф о	0 ф о	0 ф о	0 ф о	0 ф о
Введение	7	2	3	5	2
Основные понятия термодинамики	12	2	6	8	4
Равновесная термодинамика	13	3	6	9	4
Линейная неравновесная термодинамика	14	3	6	9	5
Баланс энергии и теплообмен	17	4	8	12	5
Обзор курса	8	2	3	5	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	32	49	23

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Математическое моделирование, термодинамика, теплопроводность. Краткие исторические сведения.
2. Основные понятия термодинамики. Понятие термодинамических систем, их классификация. Понятие температуры и теплоты, состояния вещества. Энергия и первое начало термодинамики. Приложения первого начала термодинамики. Энтропия и второе начало термодинамики Энтропия в обратимых и необратимых процессах. Изменение энтропии вследствие фазовых переходов. Энтальпия идеального газа.
3. Равновесная термодинамика. Принципы экстремумов, общие термодинамические соотношения, термодинамические потенциалы. Основы термодинамики газов, жидкостей и твердых тел. Фазовые переходы. Термодинамика излучения.
4. Линейная неравновесная термодинамика. Локальное производство энтропии. Уравнение материального баланса. Уравнение баланса энтропии. Соотношения взаимности Онсагера и принцип симметрии. Диффузия и термодиффузия. Теплопроводность в анизотропных твердых телах.
5. Баланс энергии и теплообмен. Интегральный закон сохранения энергии, внутренняя энергия, вектор потока тепла. Дифференциальное уравнение энергии. Частные случаи уравнения энергии. Теплопередача посредством теплопроводности, конвекции, излучения и ее моделирование. Теплообмен

при фазовых превращениях. Принципы теплового расчета теплообменных аппаратов.

6. Обзор курса. Подготовка к промежуточной аттестации.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы ,
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточной аттестации.

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

1. Виды энергии и переходы одного вида энергии в другие.
2. Закон баланса энергии.
3. Понятие о температуре, энтропии, энтальпии.
4. Второе начало термодинамики.
5. Состояния вещества и фазовые переходы.
6. Третье начало термодинамики.
7. Диффузия и теплопередача.
8. Теплопроводность, конвекция, излучение.
9. Уравнение теплопроводности.
10. Моделирование и решение задач теплопередачи.

##### **Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих

Оценка	Критерии оценивания
	вопросах преподавателя.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Первое начало термодинамики и его приложения.
2. Энтропия и второе начало термодинамики.
3. Энтропия в обратимых и необратимых процессах.
4. Энтальпия идеального газа.
5. Фазовые переходы. Энтальпия и энтропия в фазовых переходах.
6. Производство энтропии (на примерах).
7. Формулировки третьего начала термодинамики.
8. Уравнение энергии
9. Уравнения материального баланса и баланса энтропии.
10. Соотношения взаимности Онсагера и принцип симметрии.
11. Теплообмен при фазовых превращениях.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности,

Оценка	Критерии оценивания
	грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Пуля массой  $m$  [кг] со скоростью  $V$  [м/с] попадает в набитый шерстью пулеуловитель. Сколько калорий тепла выделится при этом?
2. Тепловой насос используется для поддержания температуры внутри дома на уровне  $20^{\circ}\text{C}$ , когда температура снаружи  $3^{\circ}\text{C}$ . Какова минимальная работа, которую необходимо затратить, чтобы передать 100 Дж теплоты внутрь дома?
3. Теплоемкость твердого тела равна  $C_p$ . Как изменится энтропия этого тела, если его нагреть с от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$  ?
4. Даны два больших тела, температуры которых  $T_1$  и  $T_2$ . Тела находятся в контакте друг с другом. Как изменится энтропия, если теплоперенос равен  $Q$ ?
5. Какое максимальное число фаз может находиться в равновесии в двухкомпонентной системе?
6. Определить число степеней свободы двухкомпонентной жидкой смеси, находящейся в равновесии со своим паром.
7. Показать, что теплоемкость при постоянном объеме для газа Ван дер Вальса совпадает с теплоемкостью при постоянном объеме идеального газа.
8. Вывести общее выражение для энтропии смешения двух неидеальных газов с равными молярными плотностями ( $N/V$ ) если число молей каждого газа равно  $N_1$  и  $N_2$  и они первоначально занимают объемы  $V_1$  и  $V_2$ .

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 5. Статистическая физика, ч. 1 / под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2002. - 616 с. - ISBN 5-9221-0054-8 (т. 5). - ISBN 5-9221-0053-X : 180.40., 19 экз.

2. Исаченко Виктор Павлович. Теплопередача : [учеб. для энергет. вузов и фак.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергия, 1975. - 486 с. : с черт. - 1.58., 1 экз.
3. Кутателадзе Самсон Семенович. Основы теории теплообмена / АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т теплофизики. - Изд. 4-е, доп. - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1970. - 659 с. : черт. - 3.43., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Гинзбург Иссак Павлович. Теория сопротивления и теплопередачи : учеб. пособие для мат.-мех. фак. ун-тов / Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова. - Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1970. - 375 с. : черт. - 0.98., 1 экз.
2. Себиси Тунсер. Конвективный теплообмен : физ. основы и вычисл. методы / пер. с англ. С. С. Чернова, В. А. Хохрякова ; под ред. У. Г. Пирумова. - М. : Мир, 1987. - 590 с. : ил. - 5.70., 2 экз.
3. Седов Леонид Иванович. Методы подобия и размерности в механике. - 10-е изд., доп. - М. : Наука, 1987. - 430 с. : ил. - 3.70., 3 экз.
4. Лойцянский Лев Герасимович. Механика жидкости и газа : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Механика". - Изд. 7-е, испр. - М. : Дрофа, 2003. - 840 с., 311 ил., 22 табл. - (Высшее образование. Классики отечественной науки). - ISBN 5-7107-6327-6 : 247.61., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Леонтьев Николай Васильевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.10.2023 г., протокол № 2.