

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

президиумом Ученого совета ННГУ

от 14.12.2021 г. протокол № 4

**Рабочая программа дисциплины**

**Основы термодинамики и теплопередачи**

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

**01.03.03 Механика и математическое моделирование**

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

**Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг**

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

**очная**

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижегород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы термодинамики и теплопередачи» относится части, формируемой участниками образовательных отношений. Б1.В.ДВ.03.02.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02, «Основы термодинамики и теплопередачи» относится к части ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование формируемой участниками образовательных отношений.

## 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**	
<i>ПК-1. Владеет методами математического и экспериментального исследования при анализе проблем механики на основе знаний фундаментальных физико-математических и компьютерных наук и навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний</i>	<b>ПК-1.1. Знает</b> теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем механики..	<b>Знает</b> теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем механики	<i>Собеседование</i>
	<b>ПК-1.2. Умеет</b> применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы.	<b>Умеет</b> применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы	<i>Собеседование</i>
	<b>ПК-1.3. Владеет навыками</b> научно-исследовательской деятельности в области механики, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной	<b>Владеет навыками</b> научно-исследовательской деятельности в области механики, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой.	<i>Собеседование</i>

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**	
	методикой		
<i>ПК-3. Умеет разрабатывать, исследовать, применять математические модели для расчётов, проводить расчётно-экспериментальные работы и исследования, обработку и анализ результатов, оформление отчётной документации</i>	<b>ПК-3.1. Знает</b> классические модели механики, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований.	<b>Знает</b> классические модели механики, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований.	<i>Собеседование</i>
	<b>ПК-3.2. Умеет</b> проводить расчётно-экспериментальные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований.	<b>Умеет</b> проводить расчётно-экспериментальные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований	<i>Собеседование</i>
	<b>ПК-3.3. Владеет навыками</b> применения математического моделирования и расчётно-экспериментальных исследований	<b>Владеет навыками</b> применения математического моделирования и расчётно-экспериментальных исследований.	<i>Собеседование</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 з.е.</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>в том числе</b>	

<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>16</b>
- занятия семинарского типа	<b>16</b>
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

### 3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР <sup>1</sup> , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
З.ЛеГ <sup>2</sup>	З.СеГ <sup>3</sup>	З.ЛаГ <sup>4</sup>	Всего				
1.	Введение	4	2			2	2
2.	Основные понятия термодинамики	11	2	3		5	6
3.	Равновесная термодинамика	16	3	4		7	9
4.	Линейная неравновесная термодинамика	17	3	4		7	10
5.	Баланс энергии и теплообмен	19	4	5		9	10
6.	Обзор курса	4	2			2	2
	Текущий контроль (КСР)	1				1	
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>39</b>

<sup>1</sup> Самостоятельная работа обучающегося.  
<sup>2</sup> Занятия лекционного типа.  
<sup>3</sup> Занятия семинарского типа.  
<sup>4</sup> Занятия лабораторного типа.

#### *Краткое содержание разделов и тем дисциплины*

- Введение. Математическое моделирование, термодинамика, теплопроводность. Краткие исторические сведения.
- 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.
- Равновесная термодинамика. Принципы экстремумов, общие термодинамические соотношения, термодинамические потенциалы. Основы термодинамики газов, жидкостей и твердых тел. Фазовые переходы. Термодинамика излучения.
- 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.
- 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.
- Обзор курса. Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

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

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 (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
  - подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
  - подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *собеседований* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
		все задания в полном объеме.	
<b>превосходно</b>	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Первое начало термодинамики и его приложения.	ПК-1
2.	Энтропия и второе начало термодинамики.	ПК-1
3.	Энтропия в обратимых и необратимых процессах.	ПК-1
4.	Энтальпия идеального газа.	ПК-1
5.	Фазовые переходы. Энтальпия и энтропия в фазовых переходах.	ПК-1
6.	Производство энтропии (на примерах).	ПК-3
7.	Формулировки третьего начала термодинамики.	ПК-3
8.	Уравнение энергии	ПК-3
9.	Уравнения материального баланса и баланса энтропии.	ПК-3
10.	Соотношения взаимности Онсагера и принцип симметрии.	ПК-3

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
11.	Теплообмен при фазовых превращениях.	ПК-3

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

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  $Q$ ?

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3

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  $V_2$ .

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

№	а) основная литература:	К-во <sup>1</sup>
1.	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. V. Статистическая физика. М. Физматлит, 2002. 616 с.	17
2.	И. Пригожин, Д. Кондепуди. Современная термодинамика. М. Мир, 2009, 461 с.	2
3.	Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М. Энергия, 1975, 488 с.	2
4.	Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. Новосибирск, Наука, 1970, 660 с. М.: Атомиздат, 1979 <a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Kutateladze1979ru.djvu">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Kutateladze1979ru.djvu</a>	Э

№	б) дополнительная литература:	К-во <sup>1</sup>
1.	Гинзбург И.П. Теория сопротивления и теплопередачи. Л. Изд-во ЛГУ, 1970, 375 с.	1
2.	Т. Себиси, П. Брэдшоу. Конвективный теплообмен. М. Мир, 1987, 592 с.	2
3.	Г.А. Хачкуразов. Основы общей и химической термодинамики. М. Высшая школа, 1979, 268 с.	1
4.	Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М. Наука, 1981. 448 с. <a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Sedov1977ru.djvu">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Sedov1977ru.djvu</a>	Э
5.	Лойцянский Л. Г. Механика жидкостей и газов. М., Наука, 1973, 904 с. <a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Lojcyanskij1950ru.djvu">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Lojcyanskij1950ru.djvu</a>	Э

<sup>1</sup> Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э».

№	в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)	«Л» или «С» <sup>2</sup>
1.	<a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm</a>	С

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

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 ОС ННГУ 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Автор(ы)

к.т.н., доцент

Жидков А.В.

Рецензент(ы)

Заведующий кафедрой  
теоретической,  
компьютерной и  
экспериментальной  
механики

д.ф.-м.н., профессор

Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 01.12.2021 года, протокол № 2.

<sup>2</sup> Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе.