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 решением президиума Ученого совета ННГУ протокол от «11» мая 2021 г. № 2 |

**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)*

Нижний Новгород

 2021 год

1. **Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Основы термодинамики и теплопередачи» относится к дисциплинам по выбору 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 теплопередачиотносится» к части ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование формируемой участниками образовательных отношений. |

1. **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\*\*** |
| *ПК-1* | *ПК-1.1.* | **Знает** теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем механики | *Собеседование* |
|  | *ПК-1.2.* | **Умеет** применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы | *Собеседование* |
|  | *ПК-1.3.* | **Владеет навыками** научно-исследовательской деятельности в области механики, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой. | *Собеседование* |
| *ПК-3* | *ПК-3.1.* | **Знает** классические модели механики, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований. | *Собеседование* |
|  | *ПК-3.2.* | **Умеет** проводить расчётно-экспериментальные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований | *Собеседование* |
|  | *ПК-3.3.* | **Владеет навыками** применения математического моделирования и расчётно-экспериментальных исследований. | *Собеседование* |

1. **Структура и содержание дисциплины**
   1. **Трудоемкость дисциплины**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **очная форма обучения** | |
| **Общая трудоемкость** | **2** | **з.е.** |
| **Часов по учебному плану** | **72** | |
| **в том числе** |  | |
| **аудиторные занятия (контактная работа):** |  | |
| **- занятия лекционного типа** | **16** | |
| **- занятия семинарского типа** | **16** | |
| **- занятия лабораторного типа** |  | |
| **- текущий контроль (КСР)** | **1** | |
| **самостоятельная работа** | **39** | |
| **Промежуточная аттестация – зачет** |  | |

* 1. **Содержание дисциплины**

| **Очная форма обучения** | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование разделов и тем дисциплины** | **Всего (часы)** | в том числе | | | | |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | **СР**1**, часы** |
| **ЗЛеТ**2 | **ЗСеТ**3 | **ЗЛаТ**4 | **Всего** |
|  | Введение | 4 | 2 |  |  | 2 | 2 |
|  | Основные понятия термодинамики | 11 | 2 | 3 |  | 5 | 6 |
|  | Равновесная термодинамика | 16 | 3 | 4 |  | 7 | 9 |
|  | Линейная неравновесная термодинамика | 17 | 3 | 4 |  | 7 | 10 |
|  | Баланс энергии и теплообмен | 19 | 4 | 5 |  | 9 | 10 |
|  | Обзор курса | 4 | 2 |  |  | 2 | 2 |
|  | Текущий контроль (КСР) | 1 |  |  |  | 1 |  |
|  | ИТОГО | 72 | 16 | 16 | 0 | 33 | 39 |
|  | 1 Самостоятельная работа обучающегося.  2 Занятия лекционного типа.  3 Занятия семинарского типа.  4 Занятия лабораторного типа. | | | | | | |

***Краткое 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.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

1. **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.

1. **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*.

* 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 |
| **неудовлетворительно** | 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 все задания в полном объеме. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. |
| **превосходно** | 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» |
| незачтено | 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» |

* 1. **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**
     1. **Контрольные вопросы**

| *№* | *Вопрос* | *Код формируемой компетенции* |
| --- | --- | --- |
|  | Первое начало термодинамики и его приложения. | *ПК-1* |
|  | Энтропия и второе начало термодинамики. | *ПК-1* |
|  | Энтропия в обратимых и необратимых процессах. | *ПК-1* |
|  | Энтальпия идеального газа. | *ПК-1* |
|  | Фазовые переходы. Энтальпия и энтропия в фазовых переходах. | *ПК-1* |
|  | Производство энтропии (на примерах). | *ПК-3* |
|  | Формулировки третьего начала термодинамики. | *ПК-3* |
|  | Уравнение энергии | *ПК-3* |
|  | Уравнения материального баланса и баланса энтропии. | *ПК-3* |
|  | Соотношения взаимности Онсагера и принцип симметрии. | *ПК-3* |
|  | Теплообмен при фазовых превращениях. | *ПК-3* |

* + 1. **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°С, когда температура снаружи 3° С. Какова минимальная работа, которую необходимо затратить, чтобы передать 100 Дж теплоты внутрь дома?
3. Теплоемкость твердого тела равна Сp. Как изменится энтропия этого тела, если его нагреть с от температуры T1 до температуры T2 ?
4. Даны два больших тела, температуры которых T1 и T2. Тела находятся в контакте друг с другом. Как изменится энтропия, если теплоперенос равен Q?
   * 1. **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 идеальног газа.
8. Вывести общее выражение для энтропии смешения двух неидеальных газов с равными молярными плотностями (N/V) если число молей каждого газа равно N1 и N2 и они первоначально занимают объемы V1 и V2.
9. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

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

| **№** | **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы  (в соответствии с содержанием дисциплины)** | **«Л» или «С»**[[2]](#footnote-2) |
| --- | --- | --- |
|  | <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm> | С |

1. **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 ФГОС ОС 01.03.03 Механика и математическое моделирование

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

от 2 июня 2021 года, протокол № 8.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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. |

1. Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э». [↑](#footnote-ref-1)
2. Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе. [↑](#footnote-ref-2)