

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Декан

Ю.Н. Рыжих

« 28 »

06

20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Термодинамика

по направлению подготовки

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки :

Баллистика и гидроаэродинамика

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.26

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Г.Р. Шрагин

Руководитель ОПОП

В.И. Биматов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-7 Способен обрабатывать опытные данные физических и численных экспериментов по определению аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1 Знать теорию и основные законы в области естественнонаучных и инженерных дисциплин

ИОПК-1.2 Уметь применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИОПК-1.3 Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

ИОПК-7.1 Знать основные методы обработки опытных данных физических и численных экспериментов по определению аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники

ИОПК-7.2 Уметь проводить обработку экспериментальных данных при определении аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники

ИОПК-7.3 Иметь навыки использования вычислительной техники для обработки экспериментальных данных

2. Задачи освоения дисциплины

– Научиться применять понятийный аппарат термодинамики для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Физика», «Химия»

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 28 ч.

-практические занятия: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Термодинамика как наука. Метод и предмет термодинамики. Классификация термодинамических параметров. Два постулата термодинамики. Эмпирическая температура.

Тема 2. Термические и калорическое уравнения состояния. Дифференциальная форма термического уравнения состояния простой системы. Термические коэффициенты. Понятие внутренней энергии.

Тема 3. Уравнения состояния идеального газа. Уравнения состояния реальных газов. Критическое состояние вещества. Вириальная форма термического уравнения состояния простой системы, приведенная форма.

Тема 4. Равновесные, обратимые и необратимые процессы. Понятие теплоты и работы. Первый закон термодинамики. Теплоемкости и другие калорические коэффициенты. Связь термических и калорических коэффициентов.

Тема 5. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Работа в термодинамических процессах.

Тема 6. Недостатки первого закона термодинамики. Формулировка второго закона термодинамики. Принцип адиабатической недостижимости и второе начало для равновесных процессов.

Тема 7. Термодинамическая температура. Третье начало термодинамики и вычисление энтропии равновесных процессов.

Тема 8. Циклы. КПД Тепловых двигателей. Цикл Карно. Классификация тепловых двигателей внутреннего сгорания и их циклы.

Тема 9. Второе начало для неравновесных процессов. Основное уравнение и неравенство термодинамики. Парадоксы, связанные со вторым началом термодинамики.

Тема 10. Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана. Энтропия и информация.

Тема 11. Характеристические функции. Химический потенциал как характеристическая функция в системах с переменным числом частиц. Термодинамические потенциалы. Термодинамическое равновесие, его устойчивость.

Тема 12. Основы термохимии. Тепловой эффект химической реакции, термохимические уравнения. Закон Гесса. Следствия закона Гесса.

Тема 13. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры и давления. Уравнение Кирхгофа. Направленность химических реакций. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы.

Тема 14. Равновесие в химически реагирующей среде. Закон действующих масс. Работа химической реакции (химическое сродство). Принцип Ле-Шателье.

Тема 15. Многофазные системы. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Фазовые диаграммы.

Тема 16. Термодинамика потока. Течение в соплах.

Тема 17. Расчёт термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос. В дополнение необходимо ответить на три устных вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Термодинамика и её метод: два постулата и три закона.
2. Термодинамические параметры. Параметры – функции процесса и функции состояния. Эмпирическая температура.
3. Понятие термодинамического процесса. Теплоёмкости.
4. Термические и калорическое уравнения состояния. Модель идеального газа.
5. Внутренняя энергия, теплота и работа. Закон сохранения и превращения энергии.
6. Первый закон термодинамики. Недостатки первого закона и принцип адиабатической недостижимости.
7. Первый закон термодинамики для потока. Истечение газа из бесконечно большого резервуара.
8. Процессы равновесные, неравновесные, обратимые и необратимые.
9. Второй закон термодинамики и его формулировка. Основное уравнение и неравенство термодинамики.
10. Энтропия, её физический смысл и свойства.
11. Статистический характер второго закона. Формула Больцмана.
12. Понятие цикла. КПД цикла. Цикл Карно. Термодинамическая температура.
13. Вычисление энтропии равновесных процессов.
14. Изменение энтропии в необратимых процессах.
15. Энтропия и информация. Парадоксы, связанные со вторым началом термодинамики.
16. Термодинамические потенциалы. Термодинамическое равновесие. Устойчивость равновесия.
17. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса.
18. Фазовые переходы. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона.
19. Критическое состояние вещества и его свойства. Положение критической точки на фазовой диаграмме. Преобразование уравнений состояния с использованием критических параметров.
20. Основные виды термодинамических процессов.
21. Работа в термодинамических процессах.
22. Общие закономерности установившегося течения идеального газа в соплах.
23. Закон обращения воздействий. Сопло Лаваля.
24. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса.
25. Тепловые эффекты образования и сгорания веществ. Уравнение Кирхгофа.
26. Характеристические функции в системах с постоянным и переменным числом частиц. Уравнения Максвелла.
27. Условие химического равновесия. Закон действующих масс.
28. Константы химического равновесия, связь между ними и способы определения. Принцип Ле Шателье – Брауна.
29. Химический потенциал. Работа химической реакции. Химическое сродство.
30. Третий закон термодинамики, его использование для вычисления энтропии.
31. Направленность химических процессов. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы.
32. Термическое уравнение состояния в дифференциальной форме. Термические коэффициенты.
33. Калорические коэффициенты. Теплоемкость.
34. Тепловые двигатели. Циклы, описывающие работу двигателей внутреннего сгорания.
35. Отличие моделей реальных газов от модели идеального газа. Уравнения состояния газа Ван-дер-Ваальса.

36. Формы записи термических уравнений состояния: вириальная, приведенная.
Связь термического и калорического уравнений состояния.
37. Вывод характеристических функций для идеального газа.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация обучающегося осуществляется на основе посещаемости и качества выполненных контрольных работ. Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае неудовлетворительного ответа на письменный теоретический вопрос. Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае неудовлетворительного ответа на письменный теоретический вопрос. Оценка «удовлетворительно» ставится в случае удовлетворительного ответа на письменный теоретический вопрос и правильного ответа на один дополнительный вопрос. Оценка «хорошо» ставится в случае удовлетворительного ответа на письменный теоретический вопрос и правильного ответа на два дополнительных вопроса. Оценка «отлично» ставится в случае удовлетворительного ответа на письменный теоретический вопрос и правильного ответа на три дополнительных вопроса.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22338>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План практических занятий по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Базаров И.П. Термодинамика. – СПб.: Лань, 2010. – 377 с.
- Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем: Термодинамика. – Изд. 2, сущ. перераб. и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
- Исаев С.И. Курс химической термодинамики. М.: Машиностроение, 1975 г. – 256 с.
- Румер Ю.Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во Носиб. ун-та, 2000. – 608 с.
- Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. – Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1975 г. – 495 с.
- Ревягин Л.Н. Сборник задач по термодинамике. – Изд-во Томского гос. ун-та, 2007 г. – 106 с.
- Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 495 с.

б) дополнительная литература:

- Базаров И.П. Заблуждения и ошибки в термодинамике. – Изд. 2-е испр. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 120 с.
- Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. Изд. 2-е. 1978. – 392 с.
- Полтораки О.М. Термодинамика в физической химии. – М.: Высш. школа, 1991.
- Ноздрев В.Ф. Курс термодинамики. М.: Просвещение, 1967 г. – 247 с.
- Путилов К.А. Термодинамика / Отв. ред. М.Х. Карапетьянц. М.: Наука, 1991. – 376 с.
- Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. М.: Наука,

1983. – 416 с.

- Голдаев С.В., Загоров Ю.А. Основы технической термодинамики. Изд-во Томского политехн. ун-та, 2009 г. – 224 с.
- Кубо Р. Термодинамика. М.: Мир, 1970. – 304 с.
- Леенсон И.А. Химические реакции: Тепловой эффект, равновесие, скорость. М., Астрель, 2002.

в) ресурсы сети Интернет:

- <https://chemtoday.ru/thermotable>
- <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>
- электронный вариант учебника «Сборник задач по термодинамике»
https://moodle.tsu.ru/pluginfile.php/1200873/mod_resource/content/1/РевягинЗадачник.pdf

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):

- Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
- Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) –
<https://www.fedstat.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Пономарева Мария Андреевна, к.ф.-м.н., доцент, Национальный Исследовательский Томский государственный университет, доцент кафедры прикладной газовой динамики и горения физико-технического факультета