

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

25 » 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теплофизика»

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО

На заседании Методической комиссии

Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 25 » мая 2021 г.

Председатель

Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена к.т.н., доцентом кафедры Техносферной безопасности А.С. Мосоловым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
техносферной безопасности

«29» _____ апреля _____ 2021 г., протокол № 12

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки **20.03.01 Техносферная безопасность** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Техносферной безопасности** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Теплофизика» относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана (Б1.В.09). Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики и математики.

Цель дисциплины – формирование способности применять в профессиональной деятельности приобретенную совокупность знаний законов взаимных превращений различных видов энергии, связанных с обменом энергией между телами, чаще всего в виде теплоты и работы.

Задачи дисциплины – закрепление основных процессов в открытых системах, механизмов передачи тепла, теплопроводности и массообмена, лучистого теплообмена; усвоение и применение общеинженерных знаний в таких областях теплофизики, как основные законы переноса теплоты, механизмы протекания теплообменных процессов, методы расчета теплообменных процессов, современные конструкции теплообменной аппаратуры, методы интенсификации теплообменных процессов.

Дисциплина «Теплофизика» преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности; УК-1.2 Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.5 Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков.
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и	УК-2.3. Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности. УК-2.5. Умеет решать конкретные задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя

	выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов, и ограничений.
--	---	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.

Уметь:

- эффективно выбирать оптимальные компьютерные и информационные технологии.

Владеть:

- основами расчета процессов теплопереноса в элементах промышленного оборудования;

- основами расчета процессов теплопереноса в элементах промышленного оборудования;

- основами обработки и анализа экспериментальных данных.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,00	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	1	36	27
Лекции	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,89	32	24
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. раб.
	Введение	1	-	1	-	-	-	-
1	Раздел 1. Первый закон термодинамики.	19	6	3	-	6	6	10
1.1	Сущность первого закона термодинамики. Определение первого закона термодинамики. «Рабочее тело». Параметры состояния. Термодинамические параметры. Тепловое равновесие	7	2	1	-	2	2	4
1.2	Энергетические характеристики термодинамических систем. Термодинамические процессы. Первое начало термодинамики. Опыты Фон-Майера.	6	2	1	-	2	2	3
1.3	Математическое выражение первого закона термодинамики Термодинамические системы. Внутренняя энергия. Работа. Теплота.	6	2	1	-	2	2	3
2	Раздел 2. Термодинамические процессы.	17	5	2	-	5	5	10
2.1	Равновесные и термодинамические обратимые процессы. Общий метод исследования процессов.	9	3	1	-	3	3	5
2.2	Типы двигателей внутреннего сгорания. Двухтактные и четырехтактные двигатели внутреннего сгорания.	8	2	1	-	2	2	5
3.	Раздел 3. Второй закон термодинамики. Анализ основных процессов в открытых системах.	19	7	3	1	6	6	10
3.1	Формулировки второго закона термодинамики. Постулат Клазиуса. Формулировка Томсона. Функция состояния системы – энтропия. Критерий состояния термодинамического процесса.	7	2	1	-	2	2	4
3.2	Самопроизвольные, несамопроизвольные процессы. Принцип работы теплового двигателя. Цикл Карно. Термический КПД цикла.	6	3	1	1	2	2	3
3.3	Открытые системы. Основная теорема о производстве энтропии в открытой системе. Термодинамический потенциал. Эквивалентные состояния открытых систем.	6	2	1	-	2	2	3

4.	Раздел 4. Тепловые установки. Основы термодинамики неравновесных процессов.	19	7	3	1	6	6	10
4.1	Тепловые установки и тепловые процессы. Материальные, энергетические, балансы, тепловые установок. Основной закон переноса. Способы тепловой обработки.	7	3	1	1	2	2	4
4.2	Неравновесная термодинамика. основные положения. Задачи термодинамически необратимых процессов. Метод термодинамически необратимых процессов	6	2	1	-	2	2	3
4.3	Неравновесные процессы. Принцип локального равновесия. Закон сохранения массы в термодинамически неравновесных процессах. Закон сохранения энергии. Закон сохранения импульса. Уравнение баланса энтропии. Производство энтропии	6	2	1	-	2	2	3
5	Раздел 5. Механизмы передачи тепла. Теплопроводность.	19	7	3	1	6	6	10
5.1	Теплообмен. Виды конвекции. Тепловой поток. Тепловые граничные условия	7	2	1	-	2	2	4
5.2	Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье.	6	2	1	-	2	2	3
5.3	Коэффициенты теплопроводности газов, твердых тел, жидкостей. Примеры практического применения теплопроводности.	6	3	1	1	2	2	3
6	Раздел 6. Условия однозначности. Лучистый теплообмен.	15	4	2	1	3	3	10
6.1	Условия однозначности. Граничные условия 1,2,3,4 рода. Теория подобия. Подобные системы. Критерии подобия. Теоремы подобия.	5	1	-	-	1	1	4
6.2	Теория подобия. Подобные системы. Критерии подобия. Теоремы подобия. Критериальные уравнения теплоотдачи при свободном и вынужденном движении среды.	5	1	1	-	1	1	3
6.3	Тепловое излучение. Лучистая энергия. Поглощательная, отражательная и пропускательная энергия. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Планка. Закон Вина. Теплообмен между телами в замкнутом пространстве.	5	2	1	1	1	1	3
	ИТОГО	108	36	16	4	32	32	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение

Цели, задачи и предмет дисциплины

Раздел 1. Первый закон термодинамики.

1.1. Сущность первого закона термодинамики. Определение первого закона термодинамики. «Рабочее тело». Параметры состояния. Термодинамические параметры. Тепловое равновесие

1.2. Энергетические характеристики термодинамических систем. Термодинамические процессы. Первое начало термодинамики. Опыты Фон-Майера. Понятие функции процесса и функции состояния

1.3. Математическое выражение первого закона термодинамики. Термодинамические системы. Внутренняя энергия. Эквивалентность теплоты и работы. Сущность и уравнение первого закона термодинамики.

Раздел 2. Термодинамические процессы

2.1. Равновесные термодинамические обратимые процессы. Общий метод исследования процессов. Равновесные термодинамические процессы и их обратимость. Графическое изображение процессов.

2.2. Типы двигателей внутреннего сгорания. Двухтактные и четырехтактные двигатели внутреннего сгорания. Механическая и тепловая диаграммы. Политропные процессы, их исследование и графическое изображение в рабочей диаграмме

Раздел 3. Второй закон термодинамики. Анализ основных процессов в открытых системах.

3.1. Формулировки второго закона термодинамики. Постулат Клаузиуса. Формулировка Томсона. Функция состояния системы – энтропия. Критерий состояния термодинамического процесса.

3.2. Самопроизвольные, несамопроизвольные процессы. Принцип работы теплового двигателя. Термический к.п.д., холодильный и отопительный коэффициенты. Цикл Карно, интеграл Клаузиуса.

3.3. Открытые системы. Основная теорема о производстве энтропии в открытой системе. Термодинамический потенциал. Эквивалентные состояния открытых систем. Энтропия - параметр состояния, ее физический смысл, изменение в процессах. Тепловая диаграмма. Основные уравнения термодинамики газового потока. Располагаемая работа потока. Адиабатное истечение, критическая скорость и максимальный расход идеального газа. Сопла. Комбинированное сопло Лаваля. Истечение капельных жидкостей, паров и газов с учётом трения. Эжекторы

Раздел 4. Тепловые установки. Основы термодинамики неравновесных процессов.

4.1. Тепловые установки и тепловые процессы. Материальные, энергетические, балансы, тепловые установок. Основной закон переноса. Способы тепловой обработки.

4.2. Неравновесная термодинамика. основные положения. Задачи термодинамически необратимых процессов. Метод термодинамически необратимых процессов

4.3. Неравновесные процессы. Принцип локального равновесия. Закон сохранения массы в термодинамически неравновесных процессах. Закон сохранения энергии. Закон сохранения импульса. Уравнение баланса энтропии. Производство энтропии

Раздел 5. Механизмы передачи тепла. Теплопроводность.

5.1. Теплообмен. Виды конвекции. Тепловой поток. Тепловые граничные условия

5.2. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье.

5.3. Коэффициенты теплопроводности газов, твердых тел, жидкостей. Примеры практического применения теплопроводности. Температурное поле плоских и цилиндрических стенок. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода.

Раздел 6. Условия однозначности. Лучистый теплообмен

- 6.1.** Условия однозначности. Граничные условия 1,2,3,4 рода. Теория подобия. Подобные системы. Критерии подобия. Теоремы подобия.
- 6.2.** Теория подобия. Подобные системы. Критерии подобия. Теоремы подобия. Критериальные уравнения теплоотдачи при свободном и вынужденном движении среды.
- 6.3.** Тепловое излучение. Лучистая энергия. Поглощательная, отражательная и пропускательная энергия. Физическая сущность лучистого теплообмена, виды потоков излучения и радиационные характеристики тел. Основные законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа). Эффективное излучение. Приведённый коэффициент излучения системы тел. Лучистый теплообмен между телами, разделёнными прозрачной средой. Защита от теплового излучения. Теплообмен между телами в замкнутом пространстве.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел					
		1	2	3	4	5	6
	Знать:						
1	современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.		+	+	+	+	
	Уметь:						
2	эффективно выбирать оптимальные компьютерные и информационные технологии.		+	+	+		
	Владеть:						
3	– основами расчета процессов теплопереноса в элементах промышленного оборудования;		+		+	+	+
4	– основами расчета процессов теплопереноса в элементах промышленного оборудования;		+		+		
5	– обработки и анализа экспериментальных данных.	+	+		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>универсальные компетенции и индикаторы их достижения:</i>							
6	Знает современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.	УК-1.1		+	+	+	+
7	Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие;	УК-1.2	+		+		+
8	Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков.	УК-1.5	+		+	+	
9	Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.	УК-2.3.		+	+	+	+
10	Умеет решать конкретные задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов, и ограничений	УК-2.5.	+	+	+		+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практических занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ раздела	Наименование раздела	Тема практического занятия	Количество акад. часов
1	Первый закон термодинамики	Основные параметры и уравнения состояния идеального газа	2
		Расчет параметров газовой смеси	2
		Расчет идеального цикла теплового двигателя	1
		Расчет параметров характерных точек теоретических циклов и статей теплового баланса машин, работающих по действительным циклам	1
2	Термодинамические процессы	Первый закон термодинамики	1
		Второй закон термодинамики	2
		Расчет двухступенчатого компрессора	1
		Определение теплопроводности цилиндров	1
3	Второй закон термодинамики. Анализ основных процессов в открытых системах.	Нестационарная теплопроводность. Конвективный теплообмен и его механизм.	1
		Передача тепла через плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 1-го и 3-го родов.	1
		Расчёт теплопередачи через многослойную стенку	2
		Исследование работы трубчатого теплообменника.	2
4	Тепловые установки. Основы термодинамики неравновесных процессов.	Расчет термодинамических сил в пространственно-неоднородных системах	1
		Анализ устойчивости стационарного состояния брутто-процессов, нелинейных относительно интермедиатов, кинетическими методами	2
		Нахождение коэффициентов взаимности Онзагера для параллельных брутто-реакций с общими интермедиатами	2
		Системы с устойчивой осцилляцией	1
5	Механизмы передачи тепла. Теплопроводность.	Температурное поле плоских и цилиндрических стенок	2
		Тепловые граничные условия	2
		Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье для неограниченного цилиндра при граничных условиях III рода	2
6	Условия однозначности. Лучистый теплообмен	Расчет потерь теплоты излучением трубы без экрана и с экраном	3
Итого			32

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы, пропорционально разделенные по объему изученного материала. Максимальная оценка за каждую контрольную работу составляет 20 баллов. Все контрольные работы содержат по 1 теоретическому вопросу и 1 задаче.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

Примеры теоретических вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов.

1. Идеальный газ. Уравнение Менделеева–Клайперона. Физический смысл универсальной газовой постоянной.
2. Рабочее тело. Параметры его состояния.

Примеры задач к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов.

Задача 1.

Тело движется в идеальном газе со скоростью v . В какой точке тела температура газа будет минимальной? Определить эту температуру, если температура окружающего газа равна T .

Задача 2

Процесс, происходящий при постоянной теплоемкости, называется политропическим, а кривая, являющаяся его графическим изображением, - политропой. Найти уравнение политропы для идеального газа, если молярная теплоёмкость его в политропическом процессе равна C .

Примеры теоретических вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов.

1. Сущность первого закона термодинамики и его уравнение.

2. Внутренняя энергия, теплота и работа. Удельная энтальпия. Почему абсолютное значение внутренней энергии и энтальпии измерить нельзя?

Примеры задач к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов.

Задача 1

Моль идеального газа с постоянной теплоёмкостью C_V заключён в цилиндр с адиабатическими стенками и поршнем, который может перемещаться в цилиндре без трения. Поршень находится под постоянным внешним давлением P_1 . В некоторый момент времени внешнее давление скачкообразно уменьшают или увеличивают до P_2 (этого можно достигнуть, снимая часть груза с поршня или добавляя новый груз). В результате газ адиабатически изменяет свой объём. Вычислить температуру и объём газа после того как установится термодинамическое равновесие.

Задача 2

Какую максимальную работу можно получить из системы двух тел, нагретых до абсолютно разных температур T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$), если тела используются в качестве нагревателя и холодильника в тепловой машине? Теплоёмкости C_1 и C_2 считать не зависящими от температуры. Найти окончательную температуру T , которую будут иметь тела, когда установится тепловое равновесие между ними.

Примеры теоретических вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 10 баллов.

1. Условия однозначности и их виды.
2. Границы ламинарного и турбулентного режима (по критерию Рейнольдса).

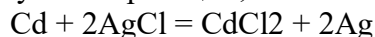
Примеры задач к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 10 баллов.

Задача 1

Найти среднюю потенциальную энергию молекулы газа в земной атмосфере, считая последнюю изотермической (с температурой T), а поле тяжести однородным. Вычислить теплоёмкость газа C при этих условиях.

Задача 2

Найти изменение энтропии в результате реакции,



которая проходит в гальваническом элементе при 101325 Па и $298,15 \text{ К}$ в условиях, когда электродвижущая сила $E = 0,6753 \text{ В}$. Стандартные энтальпии образования хлорида кадмия и хлорида серебра соответственно равны: $-390,8$ и $-127,1 \text{ кДж/моль}$.

8.2. Примеры вопросов для зачета с оценкой

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов. Билет зачета с оценкой содержит 2 теоретических вопроса и 1 задачу.

1 вопрос – 10 баллов, 2 вопрос – 10 баллов, задача – 20 баллов.

1. Предмет термодинамики. Термодинамическая система и её виды. Термодинамический процесс.
2. Рабочее тело. Параметры его состояния.
3. Идеальный газ. Уравнение Менделеева–Клайперона. Физический смысл универсальной газовой постоянной.
4. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнение Дитеричи.
5. Теплоёмкость рабочего тела. Теплоёмкость изобарная и изохорная. Зависимость теплоёмкости от температуры.

6. Внутренняя энергия, теплота и работа. Удельная энтальпия. Почему абсолютное значение внутренней энергии и энтальпии измерить нельзя?
7. Опыт Джеймса Джоуля.
8. Сущность первого закона термодинамики и его уравнение.
9. Основная теорема о производстве энтропии в открытой системе. Термодинамический потенциал.
10. Критерий состояния термодинамического процесса.
11. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье.
12. Опишите адиабатный процесс. Уравнение адиабаты. Чем графически адиабата отличается от изотермы?
13. Сущность второго закона термодинамики. Одна из формулировок.
14. Круговые термодинамические процессы или циклы (описать графически). Виды циклов.
15. Что называют открытой термодинамической системой? Чем характеризуются открытые термодинамические системы?
16. Истечение капельных жидкостей.
17. Что называют компрессорами? Назовите их типы.
18. Двигатель внутреннего сгорания. Цикл Отто.
19. Холодильная машина. Обратный цикл Ренкина.
20. В каких случаях применимы законы термодинамики неравновесных процессов?
21. Изобразите графически процессы теплопроводности через однослойную и многослойные цилиндрические стенки.
22. Условия однозначности и их виды. Определение теории подобия.
23. Закон Стефана-Больцмана. Закон Планка. Закон Вина.

8.3. Примеры задач для зачета с оценкой

Задача 1. Процесс, происходящий при постоянной теплоемкости, называется политропическим, а кривая, являющаяся его графическим изображением, - политропой. Найти уравнение политропы для идеального газа, если молярная теплоёмкость его в политропическом процессе равна C .

Задача 2. При каких значениях показателя политропы идеальный газ нагревается при сжатии, а при каких охлаждается.

Задача 3. Тело движется в идеальном газе со скоростью v . В какой точке тела температура газа будет минимальной? Определить эту температуру, если температура окружающего газа равна T .

Задача 4. Моль идеального газа с постоянной теплоёмкостью C_v заключён в цилиндр с адиабатическими стенками и поршнем, который может перемещаться в цилиндре без трения. Поршень находится под постоянным внешним давлением P_1 . В некоторый момент времени внешнее давление скачкообразно уменьшают или увеличивают до P_2 (этого можно достигнуть, снимая часть груза с поршня или добавляя новый груз). В результате газ адиабатически изменяет свой объём. Вычислить температуру и объём газа после того как установится термодинамическое равновесие.

Задача 5. Какую максимальную работу можно получить из системы двух тел, нагретых до абсолютно разных температур T_{10} и T_{20} ($T_{10} > T_{20}$), если тела используются

в качестве нагревателя и холодильника в тепловой машине? Теплоёмкости C_1 и C_2 считать не зависящими от температуры. Найти окончательную температуру T , которую будут иметь тела, когда установится тепловое равновесие между ними.

Задача 6. Теплоизолированный сосуд с идеальным газом подвешен на нити в поле тяжести. Из-за действия силы тяжести плотность газа внизу сосуда больше, чем наверху. Нить пережигают, и сосуд свободно падает. Предполагая, что во время падения успевает установиться термодинамическое равновесие, определить температуру газа в сосуде, которая установится при падении.

Задача 7. Найти среднюю потенциальную энергию молекулы газа в земной атмосфере, считая последнюю изотермической (с температурой T), а поле тяжести однородным. Вычислить теплоёмкость газа C при этих условиях.

Задача 8. Определить изменение температуры газа при адиабатическом расширении.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой.

Зачет с оценкой по дисциплине «Теплофизика» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы и задачи по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов и 1 задачи, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 10 баллов, задача – 20 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю» Зав. каф. ТСБ</p> <hr/> <p>«__» _____ 20__г.</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра Техносферной безопасности</p>
	<p>20.03.01 Техносферная безопасность Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»</p>
<p>«Теплофизика»</p>	
<p>Билет № _</p>	
<p>1. Опишите изохорный процесс. Закон Шарля.</p>	
<p>2. Условия однозначности и их виды. Определение теории подобия.</p>	
<p>Задача.</p>	
<p>Моль идеального газа с постоянной теплоёмкостью C_V заключён в цилиндр с адиабатическими стенками и поршнем, который может перемещаться в цилиндре без трения. Поршень находится под постоянным внешним давлением P_1. В некоторый момент времени внешнее давление скачкообразно уменьшают или увеличивают до P_2 (этого можно достигнуть, снимая часть груза с поршня или добавляя новый груз). В результате газ адиабатически изменяет свой объём. Вычислить температуру и объём газа после того как установится термодинамическое равновесие.</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

- 1) Арутюнов, В.А. Теплофизика и теплотехника: Теплофизика: Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Арутюнов, С.А. Крупенников, Г.С. Сборщиков. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2010. — 228 с.
- 2) Мосолов, А. С. Теплофизика: учебное пособие / А. С. Мосолов. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - 103 с.

Б. Дополнительная литература

- 1) Круглов, Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 208 с.
- 2) Сборщиков, Г.С. Теплофизика и теплотехника. Теплофизика. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.С. Сборщиков, С.И. Чибизова. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2012. — 104 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

Презентации к лекциям.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Журналы

1. Теплофизика высоких температур. ISSN 0040-3644
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики. ISSN 0044-4510
3. Известия российской академии наук. Механика жидкости и газа. ISSN 0568-5281
4. Вестник краунц. Физико-математические науки. ISSN 2079-665X

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Интернет - ресурсы:

- <http://akot.rosmintrud.ru/> Единая общероссийская справочно-информационная система по охране труда
- http://fundmetrology.ru/10_tipy_si/11/7list.aspx Сведения об утвержденных типах средств измерений Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.ru> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 210);

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вариантов – 60);
- банк заданий для промежуточного контроля освоения дисциплины (общее число вариантов – 20).

Для реализации учебной программы при использовании электронного обучения занятия полностью проводятся в режиме онлайн с применением следующих дистанционных образовательных технологий: Программа Discord, Программа WhatsApp.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Теплофизика» проводятся в форме лекций и практических занятий, а также самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные принтерами и программными средствами; проектор и экран; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJ IDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p style="text-align: center;">Раздел 1. Первый закон термодинамики.</p>	<p><i>Знает:</i> – основные законы преобразования энергии, законы термодинамики и теплообмена, термодинамические процессы циклов.</p> <p><i>Умеет:</i> – объяснять происходящие в веществе тепловые явления.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
<p style="text-align: center;">Раздел 2. Термодинамические процессы.</p>	<p><i>Знает:</i> – современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.</p> <p><i>Умеет:</i> – эффективно выбирать оптимальные компьютерные и информационные технологии;</p> <p><i>Владеет:</i> – навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков; – обработки и анализа экспериментальных данных.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
<p style="text-align: center;">Раздел 3. Второй закон термодинамики. Анализ основных процессов в открытых системах.</p>	<p><i>Знает:</i> – современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.; – принципы действия и устройства тепловых двигателей, теплообменных аппаратов.</p> <p><i>Умеет:</i> – самостоятельно применять полученные знания к различным задачам теплофизики; – объяснять происходящие в веществе тепловые явления.</p> <p><i>Владеет:</i> – Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков обработки и анализа экспериментальных данных.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>

<p>Раздел 4. Тепловые установки. Основы термодинамики неравновесных процессов</p>	<p><i>Знает:</i> – современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.</p> <p><i>Умеет:</i> – самостоятельно применять полученные знания к различным задачам теплофизики; – эффективно выбирать оптимальные компьютерные и информационные технологии.</p> <p><i>Владеет:</i> – основами расчета процессов теплопереноса в элементах промышленного оборудования; обработки и анализа экспериментальных данных.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №4</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
<p>Раздел 5. Механизмы передачи тепла. Теплопроводность.</p>	<p><i>Знает:</i> – современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.</p> <p><i>Умеет:</i> – эффективно выбирать оптимальные компьютерные и информационные технологии.</p> <p><i>Владеет:</i> Владеет навыками рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинств и недостатков</p>	<p>Оценка за контрольную работу №5</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
<p>Раздел 6. Условия однозначности. Лучистый теплообмен.</p>	<p><i>Знает:</i> – современные компьютерные и информационные технологии, применяемые в области обеспечения техносферной безопасности.</p> <p><i>Умеет:</i> – эффективно выбирать оптимальные компьютерные и информационные технологии объяснять происходящие в веществе тепловые явления.</p> <p><i>Владеет:</i> – основами расчета процессов теплопереноса в элементах промышленного оборудования; обработки и анализа экспериментальных данных.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №6</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Теплофизика»
основной образовательной программы
20.03.01 «Техносферная безопасность»
«Безопасность технологических процессов и производств»
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.