

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным
инновациям

О.И. Чуприс

« 12 » 2019 г.

Регистрационный № УД- 6964/уч.

**ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ В ТЕРМОДИНАМИКЕ
И СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 20 Прикладная физика

Профилизация: Функциональные наноматериалы

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 20-2019 и учебного плана от 11 апреля 2019 г. № G31-024/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Василевич Сергей Владимирович – доцент кафедры энергофизики физического факультета БГУ (по совместительству), кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Гринчук Павел Семенович – заведующий отделением теплофизики Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор физико-математических наук;
Соловей Дмитрий Владимирович – старший научный сотрудник лаборатории радиационно-конвективного теплообмена Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики
(протокол № 12 от 23.05.2019);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28.06.2019)

Заведующий кафедрой энергофизики



А.В. Мазаник

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике» разработана для специальности 1-31 80 20 Прикладная физика.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование у обучающихся опыта использования знаний в области термодинамики и статистической физики при решении прикладных задач.

Задачи учебной дисциплины:

1. Ознакомиться с принципами действия и энергетической эффективностью различного рода тепловых двигателей и энергетических установок компрессоров, вентиляторов, холодильных машин, тепловых насосов и криогенных установок, теплообменных и тепломассообменных аппаратов.

2. Изучить термодинамические процессы идеальных газов, прямые и обратные, круговые процессы, прямой и обратный циклы Карно, циклы ДВС и ГТУ, холодильных, криогенных установок и тепловых насосов.

3. Изучить водяной пар и циклы ПСУ, влажный воздух, истечение и дросселирование газов и паров.

4. Изучить закономерности переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией, излучением в системах, имеющих практическое применение.

5. Ознакомиться с понятием сложного теплообмена.

6. Ознакомиться с устройством и тепловым расчетом теплообменных аппаратов.

7. Изучить виды, характеристики и основы теории горения различных топлив.

8. Ознакомиться с понятиями химической кинетики: скорость реакции, простые и сложные реакции, порядок реакции и энергия активации.

9. Ознакомиться с технологией теплоснабжения и расчетом процессов элементов систем теплоснабжения.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модулю «Технические приложения теоретической физики» государственного компонента.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.:

Изучение дисциплины «Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике» основано на дисциплинах «Термодинамика и статистическая физика», «Основы тепло- и массообмена», «Техническая термодинамика», «Рациональная энергетика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике» должно обеспечить формирование следующих универсальных, углубленных профессиональных и специализированных компетенций:

***универсальные* компетенции:**

УК-1 Быть способным применять методы научного познания (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.) в самостоятельной исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи;

УК-2 Быть способным решать практические задачи с использованием знаний теоретической физики, вести профессиональную научно-техническую деятельность, творчески осмысливать научную, техническую и конструкторскую информацию, анализировать процесс решения научно-технических задач;

***углубленные профессиональные* компетенции:**

УПК-2 Быть способным анализировать и использовать в ходе профессиональной деятельности современные методы термодинамики и статистической физики, проводить аналитические и численные расчеты, использовать результаты расчетов для создания новых объектов техники и технологий.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные термодинамические явления и основные законы термодинамики и теплопередачи;
- основные принципы статистической механики;
- основные величины и константы теплофизики и статистической физики, их определение, смысл, способы и единицы их измерения;
- новейшие достижения в изучаемой области и их роль в развитии науки.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- работать на современном, в том числе, и уникальном экспериментальном оборудовании;

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими и литературными данными;
- навыками проектирования и оценочного моделирования энергетических установок.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в первом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 216 часов, в том числе 90 аудиторных часов, из них: лекции – 42 часа, практические занятия – 38 часов, управляемая самостоятельная работа – 10 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Введение в дисциплину

Тема 1.1. Предмет теплофизики, основные определения: термодинамическая система и теплоемкость. Теория теплоемкости. Закон Майера. Газовые смеси: способы задания смеси газов, понятия парциальных давлений и объемов, закон Дальтона как основной закон поведения газовых смесей, расчет основных параметров смеси и составляющих ее компонентов. Расчет теплоемкости газовых смесей. Расчет количеств теплоты на основе теории теплоемкости.

Раздел 2. Применение первого и второго законов термодинамики к различным процессам

Тема 2.1. Принцип эквивалентности теплоты и работы. Параметр состояния - внутренняя энергия, работа, понятие энтальпии, PV -координаты и их свойства. Теплота. Понятие энтропии, TS -координаты и их свойства. Термодинамические процессы идеальных газов и их анализ на основе 1-го закона термодинамики с изображением в PV - и TS -координатах.

Тема 2.2. Сущность второго закона термодинамики, формулировка Томсона и Клаузиуса. Понятие термического КПД тепловой машины, работающей по прямому циклу и его аналитическое выражение. Понятие холодильного и отопительного коэффициентов холодильных машин и тепловых насосов, работающих по обратному циклу и их аналитическое выражение. Прямой цикл Карно и его КПД. Интеграл Клаузиуса и принцип возрастания энтропии. Совместное аналитическое выражение 1-го и 2-го законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

Раздел 3. Теория теплопроводности. Экспериментальные методы определения теплофизических характеристик в нестационарных тепловых режимах.

Тема 3.1. Методы решения нестационарных уравнений теплопроводности: разделения переменных, интегральных преобразований Лапласа и Фурье. Охлаждение плоской однородной стенки (граничные условия 1 и 3 рода). Нестационарная задача теплопроводности для неограниченной пластины, граничные условия 1 и 2 рода. Нестационарные задачи теплопроводности для полуограниченного тела с граничными условиями 1 и 2 рода. Решение двумерных и трехмерных нестационарных задач теплопроводности.

Тема 3.2. Определение коэффициентов тепло- и температуропроводности в начальной стадии теплообмена. Определение теплофизических характеристик и их зависимости от температуры в регулярном режиме. Определение коэффициента теплопроводности сравнительным методом в стационарном режиме.

Раздел 4. Конвективный теплообмен. Теплообмен при фазовых переходах

Тема 4.1. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: уравнение энергии, уравнения движения и уравнение неразрывности. Условия однозначности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Критерии и числа подобия в теории конвективного теплообмена.

Тема 4.2. Общая характеристика фазовых переходов и их роль в процессах тепло- массообмена. Основные понятия и определения. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей.

Раздел 5. Интенсификация процессов теплообмена при фазовых превращениях

Тема 5.1. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях. Тепловые трубы, тепловые насосы и энергосбережение.

Тема 5.2. Решение задач конвективного теплообмена. Обработка опытных данных. Расчетные соотношения и обобщенные зависимости для задач конвективного теплообмена.

Раздел 6. Случайные процессы. Применение основ термодинамики необратимых процессов при решении прикладных задач

Тема 6.1. Стохастические процессы. Марковские процессы. Совместная и условная плотности вероятности. Броуновское движение и винеровский процесс. Уравнение Фоккера-Планка. Уравнение Ланжевена. Уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. H-теорема Больцмана. Явления переноса. Принцип детального равновесия и H-теорема. Вычисление вязкости с помощью кинетического уравнения Больцмана. Свойства сильно разреженных газов.

Раздел 7. Основы теории горения. Кинетика химических превращений в изотермических и неизотермических процессах

Тема 7.1. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, простые и сложные реакции, порядок реакции и энергия активации, закон Аррениуса. Теория окисления горючих веществ, цепные реакции. Тепловой баланс горения: теплота горения, теплотворная способность топлива. Теоретическая температура горения, её расчёт. Методы сжигания органического топлива. Методы интенсификации процессов горения.

Раздел 8. Плазмохимические процессы

Тема 8.1. Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов. Энергетическая эффективность. Влияние колебательного возбуждения реагентов. Закалка продуктов. Динамика колебательной релаксации. Акустические и слабые ударные волны. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.

Раздел 9. Тепловой расчет двигателя внутреннего сгорания
Тема 9.1. Поэтапный расчёт двигателя внутреннего сгорания.

Раздел 10. Тепловой расчет котла
Тема 10.1. Поэтапный расчёт твердотопливного котла.

Раздел 11. Расчет индукционных печей
Тема 11.1. Поэтапный расчёт индукционной тигельной печи.

Раздел 12. Виды теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов
Тема 12.1. Назначение и классификация теплообменных аппаратов. Роль теплообменных аппаратов. Основные схемы движения теплоносителей. Задачи и принципы расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса. Вычисление коэффициента теплопередачи. Средний температурный напор. Уравнение теплопередачи. Определение площади поверхности нагрева теплообменных аппаратов.

Раздел 13. Расчет плазмотрона
Тема 13.1. Поэтапный расчёт плазмотрона.

Раздел 14. Решение задач теории горения
Тема 14.1. Решение задач теории горения. Обработка опытных данных. Расчетные соотношения и обобщенные зависимости для задач теории горения.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов УСП	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение в дисциплину	2						
1.1	Предмет теплофизики, основные определения: термодинамическая система и теплосодержание. Закон Майера. Газовые смеси: способы задания смеси газов, понятия парциальных давлений и объемов, закон Дальтона как основной закон поведения газовых смесей, расчет основных параметров смеси и составляющих ее компонентов. Расчет теплосодержания газовых смесей. Расчет количеств теплоты на основе теории теплосодержания.	2						Устный опрос
2	Применение первого и второго законов термодинамики к различным процессам	4		4				
2.1	Принцип эквивалентности теплоты и работы. Параметр состояния - внутренняя энергия, работа, понятие энтальпии, PV-координаты и их свойства. Теплота. Понятие энтропии, TS-координаты и их свойства. Термодинамические	2		2				Устный опрос

	процессы идеальных газов и их анализ на основе 1-го закона термодинамики с изображением в PV- и TS-координатах.									
2.2	Сущность второго закона термодинамики, формулировка Томсона и Клаузиуса. Понятие термического КПД тепловой машины, работающей по прямому циклу и его аналитическое выражение. Понятие холодильного и отопительного коэффициентов холодильных машин и тепловых насосов, работающих по обратному циклу и их аналитическое выражение. Прямой цикл Карно и его КПД. Интеграл Клаузиуса и принцип возрастания энтропии. Совместное аналитическое выражение 1-го и 2-го законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов.	2					2			Устный опрос
3	Теория теплопроводности. Экспериментальные методы определения теплофизических характеристик в нестационарных тепловых режимах	4					4		2	
3.1	Методы решения нестационарных уравнений теплопроводности: разделения переменных, интегральных преобразований Лапласа и Фурье. Охлаждение плоской однородной стенки (граничные условия 1 и 3 рода). Нестационарная задача теплопроводности для	2					2		2	Тематическая презентация

	неограниченной пластины, граничные условия 1 и 2 рода. Нестационарные задачи теплопроводности для полугограниченного тела с граничными условиями 1 и 2 рода. Решение двумерных и трехмерных нестационарных задач теплопроводности.								
3.2	Определение коэффициентов тепло- и температуропроводности в начальной стадии теплообмена. Определение тепловых характеристик и их зависимости от температуры в регулярном режиме. Определение коэффициента теплопроводности сравнительным методом в стационарном режиме.	2				2			Устный опрос
4	Конвективный теплообмен. Теплообмен при фазовых переходах	8				8		2	
4.1	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: уравнение энергии, уравнения движения и уравнение неразрывности. Условия однозначности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Критерии и числа подобия в теории конвективного теплообмена.	4				4			Устный опрос
4.2	Общая характеристика фазовых переходов и их роль в процессах тепло- массообмена. Основные понятия и определения. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей.	4				4		2	Тематическая презентация

5	Интенсификация процессов теплообмена при фазовых превращениях	4		4			2			Тематическая презентация
5.1	Интенсификация теплообмена при фазовых превращениях. Тепловые трубы, тепловые насосы и энергосбережение.	2		2			2			Устный опрос
5.2	Решение задач конвективного теплообмена. Обработка опытных данных. Расчетные соотношения и обобщенные зависимости для задач конвективного теплообмена.	2								
6	Случайные процессы. Применение основ термодинамики необратимых процессов при решении прикладных задач	4		2			2			Тематическая презентация
6.1	Стохастические процессы. Марковские процессы. Совместная и условная плотности вероятности. Броуновское движение и винеровский процесс. Уравнение Фоккера-Планда. Уравнение Ланжевена. Уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Н-теорема Больцмана. Явления переноса. Принцип детального равновесия и Н-теорема. Вычисление вязкости с помощью кинетического уравнения Больцмана. Свойства сильно разреженных газов.	4					2			
7	Основы теории горения. Кинетика химических превращений в изотермических и неизотермических процессах	2		2			2			Устный опрос
7.1	Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, простые	2		2			2			

	и сложные реакции, порядок реакции и энергия активации, закон Аррениуса. Теория окисления горючих веществ, цепные реакции. Тепловой баланс горения: теплота горения, теплотворная способность топлива. Теоретическая температура горения, её расчёт. Методы сжигания органического топлива. Методы интенсификации процессов горения.							
8	Плазмохимические процессы	2				2		
8.1	Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов. Энергетическая эффективность. Влияние колебательного возбуждения реагентов. Закалка продуктов. Динамика колебательной релаксации. Акустические и слабые ударные волны. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.	2				2		Устный опрос
9	Тепловой расчет двигателя внутреннего сгорания	2				2		
9.1	Позтапный расчёт двигателя внутреннего сгорания.	2				2		Устный опрос
10	Тепловой расчет котла	2				2		
10.1	Позтапный расчёт твердотопливного котла.	2				2		Устный опрос
11	Расчет индукционных печей	2				2		
11.1	Позтапный расчёт индукционной тигельной печи.	2				2		Устный опрос
12	Виды теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов	2				2		
12.1	Назначение и классификация теплообменных аппаратов. Роль	2				2		Устный опрос

	теплообменных аппаратов. Основные схемы движения теплоносителей. Задачи и принципы расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса. Вычисление коэффициента теплопередачи. Средний температурный напор. Уравнение теплопередачи. Определение площади поверхности нагрева теплообменных аппаратов.								
13	Расчет плазмотрона	2				2			
13.1	Поэтапный расчёт плазмотрона.	2				2			Устный опрос
14	Решение задач теории горения	2				2			2
14.1	Решение задач теории горения. Обработка опытных данных. Расчетные соотношения и обобщенные зависимости для задач теории горения.	2				2			Тематическая презентация 2

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. – М.: Высшая школа, 2000. – 261 с.
2. Кайзер, Дж. Статистическая термодинамика неравновесных процессов / Дж. Кайзер. – М.: Мир, 1990.
3. Байков В.И. Теплофизика: в 2 т. Т.1: Термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика / В.И. Байков, Н.В. Павлюкевич; под ред. О.Г. Пенязькова; НАН Беларуси, Ин-т тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, 2013. -399 с.
4. Строительная теплофизика: Учебное пособие / Кудинов А.А. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 262 с.
5. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Наука, 1968. – 308 с.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1981 – 417 с.
7. Теория тепломассообмена / С.Н. Исаев, И.А. Кожинов, В.И. Кофанов и др. Под ред. А.И. Леонтьева – М.: Высшая школа, 1997 – 683 с.
8. Архаров, А.М. Теплотехника / А.М. Архаров. М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2004.
9. Теплотехника / под ред В.Н. Луканина. М.: Высш. шк., 2003.
10. Теплоэнергетика и теплотехника : справочник / под ред А.В. Клименко. 3-е изд. М.: МЭИ, 2000.
11. Богословский В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский. – М.: Высш. Шк., 1970. – 106 с.
12. Демидов П.Г., Шандыба З.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. – М.: Химия, 1973. – 272 с.
13. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 502 с.
14. Михайлов А.Г. Основы теории горения. Химическая термодинамика и кинетика [Текст]: учебн. пособие Омск: . изд-во ОмГТУ, 2009 -84 с.
15. Гущин С.Н., Казяев М.Д. Расчеты горения топлив: Учебное пособие 1995. – 48 с.
16. А.А. Михалевич. Избранные статьи. Биография. М.: Белорусская наука, 2018. – 227 с.
17. Сычевский В.А. Процессы тепломассопереноса, деформации и подвижные границы в дисперсных системах / В.А. Сычевский. Мн Ин-т тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси. 2009. – 227 с.
18. Ши Д. Численные методы в задачах теплообмена: Пер. с англ. – М.: Мир. 1988. – 544 с.
19. Строительная теплофизика: Учебное пособие / Кудинов А.А. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 262 с.

20. Полак Л.С. и др. Теоретическая и прикладная плазмохимия.. М.: Наука, 1975, 304с.
21. Полак Л.С., Синярев Г.Б., Словецкий Д.И. и др. Химия плазмы (Низкотемпературная плазма. Т.3). Новосибирск: Наука, 1991, 320с.
22. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. М.: Наука, 1980, 310с.
23. Русанов В.Д., Фридман А.А. Физика химически активной плазмы. М.: Наука, 1984, 415с.
24. Пушкарев А.И., Новоселов Ю.Н., Ремнев Г.Е. Цепные процессы в низкотемпературной плазме.- Новосибирск: Наука, 2006.-226 с.
25. Иванова Л.И. Индукционные тигельные печи: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. /Л.И. Иванова, Л.С. Грובה, Б.А. Сокунов, С.Ф. Сарапулов. Екатеринбург:Изд- во УГТУ – УПИ, 2002. – 87с.
26. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей /под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – М. : Машиностроение, 1983. – 376 с.
27. Дизели : Справ. /под ред. В. А. Ваншейдта. – Л. : Машиностроение, - 1977. – 480 с.
28. Шумилин, Е. В. Тепловой расчет котла : практикум / Е. В. Шумилин, С. А. Псаров. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 78 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Путилов, К.А. Термодинамика. / К.А. Путилов. - М.: Наука, 1971.
2. Киттель, Ч. Элементарная статистическая физика / Ч. Киттель. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960.
3. Ландау, Л.Д. Статистическая физика. Часть 1. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М.: Наука, 1976.
4. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А.Г. Шашков, Г.М. Волохов, Т.Н. Абраменко, В.П. Козлов. – М.: Энергия, 1973. – 336 с.
5. Хауф В. Оптические методы в теплопередаче / В. Хауф, У. Григуль. – М.: Мир, 1973. – 224 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые задачи по разделам дисциплины, контрольные работы и тематические презентации.

Оценка за решение тестовых задач основывается на правильности полученного результата и обоснованности его получения.

Оценка за контрольную работу основывается на количестве правильно выполненных заданий.

Оценка за подготовку тематических презентаций основывается на полноте охвата рассматриваемого вопроса, степени учета последних мировых достижений в данной области, количестве и уровне использованных литературных источников.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике» учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- решение задач – 40 %;
- контрольные работы – 30 %;
- подготовка тематической презентации – 30 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент для оценки по текущей успеваемости составляет 40 %, для экзаменационной оценки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Темы презентаций

1. Броуновское движение и случайные процессы. Основы термодинамики необратимых процессов.
2. Граничные условия, реализуемые в теплофизических исследованиях
3. Нестационарные процессы теплопроводности
4. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях
5. Тепловые трубы. Устройство и принцип действия
6. Тепловые насосы и энергосбережение
7. Теплообменные аппараты.
8. Горение. Методы интенсификации процессов горения.

Примерная тематика семинарских занятий

1. Решение нестационарных уравнений теплопроводности.
2. Методы определения теплофизических характеристик.
3. Дифференциальные уравнения и решение задач конвективного теплообмена.
4. Фазовые переходы и тепло- массообмен.
5. Тепловые трубы и тепловые насосы.
6. Вычисление вязкости с помощью кинетического уравнения Больцмана.
7. Расчет характеристик плазмохимических процессов. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.
8. Поэтапный расчёт двигателя внутреннего сгорания.
9. Поэтапный расчёт твердотопливного котла.
10. Поэтапный расчёт индукционной тигельной печи.
11. Вычисление характеристик теплообменных аппаратов.
12. Поэтапный расчёт плазмотрона.
13. Решение задач теории горения.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

Рекомендуется использовать следующие инновационные подходы и методы к преподаванию учебной дисциплины:

1. Практико-ориентированный подход, который предполагает решение практических задач. В качестве примера задачи такого типа можно привести разработку студентами концепции установки для экспериментального определения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности.
2. Метод группового обучения, предполагающий формирование малых групп, работающих над учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать задачи по разделам дисциплины, контрольные работы, тематические презентации. Для эффективной самостоятельной работы магистрантов рекомендуется применение задач различных уровней сложности. Задачи базового уровня сложности предполагают использование известных стандартных соотношений, описывающих теплофизические процессы, протекающие в практически значимых системах. Задачи более высокого уровня сложности требуют от студентов комплексного анализа проблемы с привлечением знаний из смежных областей.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Предмет теплофизики, основные определения: термодинамическая система и теплоемкость. Теория теплоемкости. Закон Майера.
2. Газовые смеси: способы задания смеси газов, понятия парциальных давлений и объемов, закон Дальтона как основной закон поведения газовых смесей, расчет основных параметров смеси и составляющих ее компонентов. Расчет теплоемкости газовых смесей. Расчет количеств теплоты на основе теории теплоемкости.
3. Принцип эквивалентности теплоты и работы. Параметр состояния - внутренняя энергия, работа, понятие энтальпии, PV -координаты и их свойства. Теплота. Понятие энтропии, TS -координаты и их свойства. Термодинамические процессы идеальных газов и их анализ на основе 1-го закона термодинамики с изображением в PV - и TS -координатах.
4. Сущность второго закона термодинамики, формулировка Томсона и Клаузиуса. Понятие термического КПД тепловой машины, работающей по прямому циклу и его аналитическое выражение. Понятие холодильного и отопительного коэффициентов холодильных машин и тепловых насосов, работающих по обратному циклу и их аналитическое выражение. Прямой цикл Карно и его КПД. Интеграл Клаузиуса и принцип возрастания энтропии. Совместное аналитическое выражение 1-го и 2-го законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
5. Методы решения нестационарных уравнений теплопроводности: разделения переменных, интегральных преобразований Лапласа и Фурье. Охлаждение плоской однородной стенки (граничные условия 1 и 3 рода). Нестационарная задача теплопроводности для неограниченной пластины, граничные условия 1 и 2 рода. Нестационарные задачи теплопроводности для полуограниченного тела с граничными условиями 1 и 2 рода. Решение двумерных и трехмерных нестационарных задач теплопроводности.
6. Определение коэффициентов тепло- и температуропроводности в начальной стадии теплообмена. Определение теплофизических характеристик и их зависимости от температуры в регулярном режиме. Определение коэффициента теплопроводности сравнительным методом в стационарном режиме.
7. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: уравнение энергии, уравнения движения и уравнение неразрывности. Условия однозначности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Критерии и числа подобия в теории конвективного теплообмена.
8. Общая характеристика фазовых переходов и их роль в процессах тепло-массообмена. Основные понятия и определения. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей.
9. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях. Тепловые трубы, тепловые насосы и энергосбережение.

10. Решение задач конвективного теплообмена. Обработка опытных данных. Расчетные соотношения и обобщенные зависимости для задач конвективного теплообмена.
11. Стохастические процессы. Марковские процессы. Совместная и условная плотности вероятности. Броуновское движение и винеровский процесс. Уравнение Фоккера-Планка. Уравнение Ланжевена. Уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Н-теорема Больцмана. Явления переноса. Принцип детального равновесия и Н-теорема. Вычисление вязкости с помощью кинетического уравнения Больцмана. Свойства сильно разреженных газов.
12. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, простые и сложные реакции, порядок реакции и энергия активации, закон Аррениуса. Теория окисления горючих веществ, цепные реакции. Тепловой баланс горения: теплота горения, теплотворная способность топлива. Теоретическая температура горения, её расчёт. Методы сжигания органического топлива. Методы интенсификации процессов горения.
13. Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов. Энергетическая эффективность. Влияние колебательного возбуждения реагентов. Закалка продуктов. Динамика колебательной релаксации. Акустические и слабые ударные волны. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.
14. Поэтапный расчёт двигателя внутреннего сгорания.
15. Поэтапный расчёт твердотопливного котла.
16. Поэтапный расчёт индукционной тигельной печи.
17. Назначение и классификация теплообменных аппаратов. Роль теплообменных аппаратов. Основные схемы движения теплоносителей. Задачи и принципы расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса. Вычисление коэффициента теплопередачи. Средний температурный напор. Уравнение теплопередачи. Определение площади поверхности нагрева теплообменных аппаратов.
18. Поэтапный расчёт плазмотрона.
19. Решение задач теории горения. Обработка опытных данных. Расчетные соотношения и обобщенные зависимости для задач теории горения.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физика энергетических и волновых процессов	Кафедра энергофизики	Оставить без изменений	23.05.2019, протокол №12

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ____ .
____ (протокол № ____ от ____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
