

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Институт математики, физики и информационных технологий
Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



И. Н. Якунина
«20» января 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.Б.14 Термодинамика

Направление подготовки/специальность: 03.03.02 - Физика

Профиль/направленность/специализация: Фундаментальная физика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2020

Автор программы:

Кандидат технических наук, доцент Золотов Александр Евгеньевич

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «07» августа 2014 г. № 937).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры теоретической и экспериментальной физики «15» января 2021 г. Протокол № 6

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «20» января 2021 г. № 1.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавра.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	8
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	15
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	17
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	18

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ОПК-1 Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)

ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

1.2 Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

1.3 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Знания и умения, необходимые для формирования трудового действия / компетенции
	ОПК-1 Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	Знает и понимает: базовые естественнонаучные понятия о предмете и объекте изучения
		Умеет (способен продемонстрировать): Умеет (способен продемонстрировать): использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования и современных концепциях.
		Владеет: навыками использования в профессиональной деятельности базовых естественнонаучных знаний, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук.
	ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знает и понимает: основные физические величины курса «Термодинамика», их функциональные взаимосвязи и законы;
		Умеет (способен продемонстрировать): Умеет (способен продемонстрировать): самостоятельно применять основные физические законы при решении профессиональных задач;
		Владеет: навыками решения профессиональных задач с использованием знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики.

1.4 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ОПК-1 Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения			
		Очная (семестр)			
		5	6	7	8
1	Мультидисциплинарные аспекты физики	+	+	+	+
2	Статистическая физика			+	
3	Экология				+

ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения						
		Очная (семестр)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Введение в специальность	+	+					
2	Молекулярная физика			+				
3	Теоретическая механика и механика сплошных сред			+	+			
4	Физика атомного ядра, элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий							+
5	Электричество и магнетизм				+			
6	Электродинамика					+	+	

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Термодинамика» относится к базовой части учебного плана ОП по направлению подготовки 03.03.02 - Физика.

Дисциплина «Термодинамика» изучается в 4 семестре.

3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 5 з.е.

Очная: 5 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	180
Контактная работа	68
Лекции (Лекции)	34
Практические (Практ. раб.)	34
Самостоятельная работа (СР)	76
Экзамен	36

3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
4 семестр					
1	Основные понятия и характеристики термодинамически х систем	6	6	16	Собеседование
2	Начала термодинамики	6	6	16	Собеседование; Контрольная работа
3	Термодинамически е методы	8	8	14	Собеседование
4	Основы термодинамики необратимых процессов	8	8	16	Собеседование; Контрольная работа
5	Приложения термодинамики	6	6	14	Собеседование

Тема 1. Основные понятия и характеристики термодинамических систем (ОПК-1)

Лекция.

Предмет статистической физики и термодинамики. Краткие исторические сведения о развитии термодинамики, молекулярно-кинетической теории и статистической физики и их роль в формировании мировоззрения. Основные понятия и определения. Динамические и статистические методы в физике. Макро- и микросостояния. Понятие термодинамической системы. Параметры термодинамической системы. Основные характеристики т/д систем.

Практическое занятие.

- 1 Решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе по пройденной теме.
- 2 Проработкой конспектов лекций.

Задания для самостоятельной работы.

- 1 Самостоятельное изучение конспектов лекций.
- 2 Самостоятельное решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе.
- 3 Подготовка к письменной проверочной работе.
- 4 Углубленное изучение материалов темы.

Тема 2. Начала термодинамики (ОПК-1)

Лекция.

Основные законы и уравнения термодинамики. Нулевое начало термодинамики. Первое начало термодинамики. Теплоемкости и теплоты изотермического изменения внешних параметров. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Связь модулей упругости с теплоемкостями. Второе начало термодинамики. Энтропия. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса. Цикл Карно. Теоремы Карно. Абсолютная температура. Третье начало термодинамики. Следствия третьего начала термодинамики (недостижимость абсолютного нуля температур; вычисление энтропии, проведение термических коэффициентов и теплоемкостей при стремлении температуры к абсолютному нулю, вырождение идеального газа).

Практическое занятие.

1 Решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе по пройденной теме.

2 Проработкой конспектов лекций.

Задания для самостоятельной работы.

1 Самостоятельное изучение конспектов лекций.

2 Самостоятельное решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе.

3 Подготовка к письменной проверочной работе.

4 Углубленное изучение материалов темы.

Тема 3. Термодинамические методы (ОПК-3)

Лекция.

Обратимые и необратимые процессы. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Метод циклов (циклы Карно, Дизеля, Отто, Ленуара, Тринклера, воздушно-реактивного двигателя при постоянном давлении, воздушно-реактивного двигателя при постоянном объеме). Метод термодинамических потенциалов. Понятие характеристических функций (энтальпия, внутренняя энергия, энергия Геймгольца, энергия Гиббса, химический потенциал, большой термодинамический потенциал).

Практическое занятие.

1 Решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе по пройденной теме.

2 Проработкой конспектов лекций.

Задания для самостоятельной работы.

1 Самостоятельное изучение конспектов лекций.

2 Самостоятельное решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе.

3 Подготовка к письменной проверочной работе.

4 Углубленное изучение материалов темы.

Тема 4. Основы термодинамики необратимых процессов (ОПК-3)

Лекция.

Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле Шателье – Брауна. Условия равновесия гетерогенной системы. Исходные положения неравновесной термодинамики: локальное равновесие; уравнения баланса; законы сохранения. Термодинамика необратимых процессов: потоки и термодинамические силы; линейные законы; соотношение взаимности Онзагера. Перекрестные эффекты. Устойчивость стационарных состояний, принцип Ле-Шателье

Практическое занятие.

1 Решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе по пройденной теме.

2 Проработкой конспектов лекций.

Задания для самостоятельной работы.

1 Самостоятельное изучение конспектов лекций.

2 Самостоятельное решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе.

3 Подготовка к письменной проверочной работе.

4 Углубленное изучение материалов темы.

Тема 5. Приложения термодинамики (ОПК-3)

Лекция.

Термодинамика различных физических систем: термодинамика магнетиков и диэлектриков; термодинамика гальванических элементов; термодинамика излучения. Термодинамика систем при отрицательных термодинамических температурах. Термодинамика фазовых переходов: правило фаз Гиббса; зародыши новой фазы; поверхностное натяжение; фазовые переходы первого и второго рода; фазовый переход в сверхпроводящее состояние; полуфеноменологическая теория Ландау фазовых переходов второго рода. Критические состояния. Понятие о критических индексах. Расчет сопла Лаваля.

Практическое занятие.

- 1 Решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе по пройденной теме.
- 2 Проработкой конспектов лекций.

Задания для самостоятельной работы.

- 1 Самостоятельное изучение конспектов лекций.
- 2 Самостоятельное решение задач из сборников, представленных в основной и дополнительной литературе.
- 3 Подготовка к письменной проверочной работе.
- 4 Углубленное изучение материалов темы.

4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

4.1. Распределение баллов:

4 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 40 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ темы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Основные понятия и характеристики термодинамических систем	Собеседование	8	<p>8 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>

2.	Начала термодинамики	Собеседование	8	<p>8 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	<p>Контрольная работа представляет собой задачи по пройденным темам.</p> <p>10 баллов – студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета.</p> <p>8 баллов – студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов.</p> <p>6 балла – студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок, или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух-трех негрубых ошибок, или одной негрубой ошибки и трех недочетов, или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.</p> <p>4 балла – студент правильно выполнил менее половины работы, допустил несколько недочетов.</p> <p>2 балл – студент правильно выполнил не более 25% работы, допустил несколько недочетов или более 3 грубых ошибок</p>
3.	Термодинамические методы	Собеседование	8	<p>8 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>

4.	Основы термодинамики необратимых процессов	Собеседование	8	<p>8 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	<p>Контрольная работа представляет собой задачи по пройденным темам.</p> <p>10 баллов – студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета.</p> <p>8 баллов – студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов.</p> <p>6 балла – студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок, или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух-трех негрубых ошибок, или одной негрубой ошибки и трех недочетов, или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.</p> <p>4 балла – студент правильно выполнил менее половины работы, допустил несколько недочетов.</p> <p>2 балл – студент правильно выполнил не более 25% работы, допустил несколько недочетов или более 3 грубых ошибок</p>
5.	Приложения термодинамики	Собеседование	8	<p>8 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
6.	Посещаемость		10	<p>10 баллов – студент посетил все 100% занятий</p> <p>7-9 баллов – студент посетил не менее 80% занятий</p> <p>4-6 баллов – студент посетил не менее 50% занятий</p> <p>1-3 балла – студент посетил не менее 25% занятий</p> <p>Если студент посетил менее 25% занятий, баллы не начисляются</p>

7.	Премияльные баллы	20	Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены: - постоянная активность во время практических занятий – 5 баллов; - участие в проектах – 5 баллов; - участие в конференциях – 10 баллов.
8.	Ответ на экзамене	30	10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно» 18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо», 25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».
9.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы на экзамене	20	Добор: студент может предоставить все задания текущего контроля и контрольные срезы
10.	Итого за семестр	100	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

Контрольная работа

Тема 2. Начала термодинамики

Типовые задачи для контрольных занятий

1. Моль идеального газа медленно нагревают так, что он переходит от состояния p_0, V_0 в состояние $2p_0, 2V_0$. Как при этом изменяется температура газа в зависимости от его объема, если зависимость давления газа от объема на графике изображена прямой линией? Определить работу, совершаемую газом в этом процессе.
2. Температура некоторой массы m идеального газа с молярной массой M меняется по закону $T = \alpha V^2$. Найти работу, совершаемую газом при увеличении объема от V_1 до V_2 .
3. Идеальный газ массой m и молярной массой M нагревают в цилиндре так, что температура меняется $T \sim p^2$ от первоначальной температуры T_1 до T_2 . Определите работу, совершенную газом в этом процессе.
4. Идеальный газ, занимающий объем $V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ и находящийся под давлением $p = 200 \text{ кПа}$ при температуре $T = 290 \text{ К}$ был нагрет при постоянном объеме, а затем расширился изобарически. Работа газа при этом оказалась равной 200 Дж . Насколько нагрелся газ в изобарическом процессе?
5. Двухатомному идеальному газу сообщили 2100 Дж тепла. При этом газ расширился изобарически. Найти работу расширения газа.
6. При изобарном расширении к одному киломолю одноатомного идеального газа подведено 2.5 МДж тепла. Во сколько раз увеличится объем идеального газа, если его начальная температура $T = 300 \text{ К}$?
7. Показать, что когда горячая вода отдает теплоту такой же массе холодной воды и их температуры выравниваются, энтропия данной системы возрастает.

Тема 4. Основы термодинамики необратимых процессов

Типовые задачи для контрольных занятий

1. Моль идеального газа медленно нагревают так, что он переходит от состояния p_0, V_0 в состояние $2p_0, 2V_0$. Как при этом изменяется температура газа в зависимости от его объема, если зависимость давления газа от объема на графике изображена прямой линией? Определить работу, совершаемую газом в этом процессе.
2. Температура некоторой массы m идеального газа с молярной массой M меняется по закону $T = \alpha V^2$. Найти работу, совершаемую газом при увеличении объема от V_1 до V_2 .
3. Идеальный газ массой m и молярной массой M нагревают в цилиндре так, что температура меняется $T \sim p^2$ от первоначальной температуры T_1 до T_2 . Определите работу, совершенную газом в этом процессе.
4. Идеальный газ, занимающий объем $V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ и находящийся под давлением $p = 200 \text{ кПа}$ при температуре $T = 290 \text{ К}$ был нагрет при постоянном объеме, а затем расширился изобарически. Работа газа при этом оказалась равной 200 Дж . Насколько нагрелся газ в изобарическом процессе?
5. Двухатомному идеальному газу сообщили 2100 Дж тепла. При этом газ расширился изобарически. Найти работу расширения газа.
6. При изобарном расширении к одному киломолю одноатомного идеального газа подведено 2.5 МДж тепла. Во сколько раз увеличится объем идеального газа, если его начальная температура $T = 300 \text{ К}$?
7. Показать, что когда горячая вода отдает теплоту такой же массе холодной воды и их температуры выравниваются, энтропия данной системы возрастает.

Тема 1. Основные понятия и характеристики термодинамических систем

Типовые вопросы для собеседования

1. Предмет статистической физики и термодинамики.
2. Краткие исторические сведения о развитии термодинамики, молекулярно-кинетической теории и статистической физики и их роль в формировании мировоззрения.
3. Основные понятия и определения.
4. Динамические и статистические методы в физике.
5. Макро- и микросостояния.
6. Понятие термодинамической системы.
7. Параметры термодинамической системы.
8. Основные характеристики т/д систем.

Тема 2. Начала термодинамики

Типовые вопросы для собеседования

1. Основные законы и уравнения термодинамики.
2. Нулевое начало термодинамики.
3. Первое начало термодинамики.
4. Теплоемкости и теплоты изотермического изменения внешних параметров.
5. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
6. Связь модулей упругости с теплоемкостями.
7. Второе начало термодинамики.
8. Энтропия. Вычисление энтропии.
9. Парадокс Гиббса.
10. Цикл Карно. Теоремы Карно.
11. Абсолютная температура.
12. Третье начало термодинамики.
13. Следствия третьего начала термодинамики (недостижимость абсолютного нуля температур; вычисление энтропии, проведение термических коэффициентов и теплоемкостей при стремлении температуры к абсолютному нулю, вырождение идеального газа).

Тема 3. Термодинамические методы

Типовые вопросы для собеседования

1. Обратимые и необратимые процессы.
2. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики.
3. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния.
4. Метод циклов (циклы Карно, Дизеля, Отто, Ленуара, Тринклера, воздушно-реактивного двигателя при постоянном давлении, воздушно-реактивного двигателя при постоянном объеме).
5. Метод термодинамических потенциалов.
6. Понятие характеристических функций (энтальпия, внутренняя энергия, энергия Геймгольца, энергия Гиббса, химический потенциал, большой термодинамический потенциал).

Тема 4. Основы термодинамики необратимых процессов

Типовые вопросы для собеседования

1. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости.
2. Условия устойчивости равновесия однородной системы.
3. Принцип Ле Шателье – Брауна.
4. Условия равновесия гетерогенной системы.

5. Исходные положения неравновесной термодинамики: локальное равновесие; уравнения баланса; законы сохранения.
6. Термодинамика необратимых процессов: потоки и термодинамические силы; линейные законы; соотношение взаимности Онзагера.
7. Перекрестные эффекты.
8. Устойчивость стационарных состояний, принцип Ле-Шателье

Тема 5. Приложения термодинамики

Типовые вопросы для собеседования

1. Термодинамика различных физических систем: термодинамика магнетиков и диэлектриков; термодинамика гальванических элементов; термодинамика излучения.
2. Термодинамика систем при отрицательных термодинамических температурах.
3. Термодинамика фазовых переходов: правило фаз Гиббса; зародыши новой фазы; поверхностное натяжение; фазовые переходы первого и второго рода; фазовый переход в сверхпроводящее состояние; полуфеноменологическая теория Ландау фазовых переходов второго рода.
4. Критические состояния.
5. Понятие о критических индексах.
6. Расчет сопла Лаваля.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

Типовые вопросы экзамена (ОПК-1, ОПК-3)

1. Адиабатический и политропический процессы. Уравнение адиабаты и политропы идеального газа.
2. Скорость звука в газах. Скорость истечения газа из отверстия.
3. Цикл Карно. КПД машины Карно. Теоремы Карно.
4. Холодильная машина. Тепловой насос. Эффективность холодильной машины и теплового насоса, работающих по циклу Карно.
5. Второе начало термодинамики. Неравенство и равенство Клаузиуса. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа.
6. Метод циклов. Циклы Отто, Дизеля, Ленуара, Тринклера.
7. Термодинамические потенциалы. Метод получения соотношений Максвелла (соотношений взаимности).
8. Свободная энергия Гельмгольца, термодинамический потенциал Гиббса. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.
9. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал. Связь производной с термическим уравнением состояния.

Типовые задания для экзамена (ОПК-1, ОПК-3)

1. Оцените внутреннюю энергию воздуха в комнате, имеющей размеры $(5 \times 4 \times 2.5)$ м³. Воздух считать смесью идеальных газов с показателем адиабаты $\gamma = 1.4$. Давление атмосферное.
2. Получите выражение для теплоемкости идеального газа в процессе, заданном в p – T переменных.
3. В закрытом сосуде объемом $V = 20$ л находится аммиак NH_3 при атмосферном давлении. Какое количество теплоты следует отвести от газа, чтобы понизить его температуру от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 240$ К. Как при этом изменится внутренняя энергия аммиака? Показатель адиабаты $\gamma = 1.31$.
4. Кислород массой $m = 24$ г участвует в процессе, где $p = p_0$ и $V = V_0 - \alpha T$ – положительная постоянная. В начальном состоянии газ занимает объем $V_1 = 5$ л и при температуре $T_1 = 290$ К, в конечном состоянии $V_2 = 2V_1$. В рамках модели идеального газа определите теплоемкость $C(V)$. Теплоемкость $C_V = \text{const}$.
5. Для смеси идеальных газов (неон в количестве $n_1 = 0.2$ кмоль и водород в количестве $n_2 = 0.1$ кмоль) определите внутреннюю энергию при температуре $T = 300$ К.

= 0.5 кмоль) определите удельную теплоемкость и отношение . Численный расчет провести для изохорического и изобарического процессов.

- 6 Идеальный газ, находящийся при температуре T_1 изобарически сжали так, что его объем уменьшился в раз. После изотермического расширения объем газа стал равен первоначальному. Число молей газа ν , показатель адиабаты γ . Определите теплообмен ΔQ газа.

4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ОПК-1	Демонстрирует высокий уровень знаний по курсу «Термодинамика». Свободно владеет необходимой терминологией. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, аргументировано.
	ОПК-3	Демонстрирует высокий уровень использования в профессиональной деятельности базовых естественнонаучных знаний настоящего курса.
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ОПК-1	Демонстрирует не достаточно высокий уровень знаний по курсу «Термодинамика». Владеет необходимой терминологией. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, аргументировано.
	ОПК-3	Демонстрирует не достаточно высокий уровень использования в профессиональной деятельности базовых естественнонаучных знаний настоящего курса. Владеет необходимой терминологией. Логично, ясно и аргументировано излагает материал.
«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ОПК-1	Демонстрирует средний уровень знаний по курсу «Термодинамика». Не достаточно свободно владеет необходимой терминологией. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, аргументировано.
	ОПК-3	Демонстрирует средний уровень использования в профессиональной деятельности базовых естественнонаучных знаний настоящего курса.
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ОПК-1	Демонстрирует низкий уровень знаний по курсу «Термодинамика». Не владеет необходимой терминологией. Неверно отвечает на поставленные вопросы, совершенно не ориентируется в данном курсе.
	ОПК-3	Демонстрирует низкий уровень использования в профессиональной деятельности базовых естественнонаучных знаний настоящего курса.

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;

- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Базаров И.П. Термодинамика : учебник. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М.: Высш. шк., 1991. - 376 с.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики : учебное пособие. - Изд. 6-е, стер.. - Москва: Физматлит, 2014. - 544 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275624>
3. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике : учеб. пособие. - 5-е изд., перераб. и доп.. - М.: Высш. шк., 1988. - 527 с.

6.2 Дополнительная литература:

1. Ноздрев В. Ф. Курс термодинамики. - Изд. 2-е, испр.. - Москва: Просвещение, 1967. - 248 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495532>
2. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики : учеб. пособие. - 12-е изд., испр.. - М.: Наука, 1990. - 397 с.

6.3 Методические разработки:

1. Тамб. гос. ун-т им.Г.Р.Державина Физика. Механика. Молекулярная физика и термодинамика : краткий курс лекций : учеб.-метод. пособие. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2010. - 65 с.

6.4 Иные источники:

1. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>

2. 13. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» - <http://school-collection.edu.ru/>
3. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система - <http://www.biblioclub.ru>
4. Российская национальная библиотека - <http://www.nlr.ru/>
5. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания - www.monographies.ru

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI - Russian

7-Zip 9.20

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
2. Электронная библиотека ТГУ. – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru/>
3. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>
4. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
5. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
6. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
7. Электронная библиотека РФФИ. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.