

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

_____/ Нальгиева М. А.
от « 12 » 03 2025 г.

_____/ Кульбужев Б. С.
от « 14 » 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.10 Термодинамика

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки (бакалавриат)

03.03.02 Физика
(код, наименование)

Направленность

Физика
(наименование профиля, магистерской программы, специализации)

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения очная
(очная, заочная, очно-заочная)

Магас, 2025 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Термодинамика» являются формирование специалиста владеющего основными законами и расчетными соотношениями термодинамики, принципами действия и протекания рабочих процессов тепловых двигателей, теплосиловых установок, холодильных машин и парогенераторных установок, а также приобретение навыков использования основных методов термодинамических и теплотехнических расчетов.

№ п/п	Код профессионального стандарта	Наименование области профессиональной деятельности. Наименование профессионального стандарта
01 Образование и наука		
1.	01.001	Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н(зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г.№422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа2016г., регистрационный № 43326)
2.	01.003	Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций (трудовых функций):

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Термодинамика» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Для усвоения дисциплины «Термодинамика» студент должен знать в полном объеме:

- а) Общую физику (Механику, Молекулярную физику, Электричество и магнетизм, Оптику, Атомную и ядерную физику;
- б) разделы Теоретической физики: Теоретическую механику, Электродинамику, Квантовую механику;
- г) Математический анализ, Векторный анализ, Линейную алгебру, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Дифференциальные уравнения в частных производных; Основы теории вероятностей, Математическую статистику.

Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Термодинамика» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Термодинамика»	Семестр
Б1.О.04.01	Мат.анализ	1,2,3
Б1.О.04.02	Аналитическая геометрия и линейная алгебра	1,2
Б1.О.04.04	Диф.уравнения	3
Б1.О.04.06	Теория вероятности и математическая статистика	5
Б1.О.07	Общая физика	1,2,3,4,5
Б.1.О.16	Теоретическая механика. Механика сплошных сред	4,5
Б1.В.07	Физика конденсированного состояния	6

Таблица 2.2.

Связь дисциплины «Термодинамика» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Термодинамика»	Семестр
Б.1.О.17	Квантовая теория	7
Б.1.В.ДВ.07.01	Методы исследования твердых тел	5
Б.1.В.10	Статистическая физика	7

Таблица 2.3.

Связь дисциплины «Термодинамика» со смежными дисциплинами

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Термодинамика»	Семестр
Б1.О.07.06	Физика атомного ядра и элементарных частиц	6
Б1.В.07	Физика конденсированного состояния	6

В результате изучения курса «Термодинамика» студент обязан знать, как переходить к необходимым (для измерения) термодинамическим переменным, выражать конечные результаты для теплоемкости.

- Знать роль канонических распределений Гиббса и их соответствующими термодинамическими потенциалами, дающими в итоге возможность экспериментальной проверки.

- Понимать значение и смысл квазиклассического предельного перехода, и смысл температуры вырождения.

- Знать основные результаты теории флуктуаций.

- Знать и понимать смысл основных уравнений (Власова, Больцмана), границы применимости и результаты получаемых из них.

3. Результаты освоения дисциплины «Термодинамика»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними; УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта; УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм; УК-2.4. Выполняет задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректирует способы решения задач; УК-2.5. Представляет результаты проекта, предлагает возможности их использования и/или совершенствования.	Знать: Анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие Уметь: Осуществлять поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов Владеть: При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения
ПК-3.	Способность использовать	ПК-3.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи	

	специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования. ПК-3.2 Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в заданной физической системе с учетом ее назначения и элементной (электронной, оптической) базы. ПК-3.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физических процесс уравнений	
--	-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Термодинамика»

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

Объем дисциплины и виды учебной работы

	Всего	Порядковый номер семестра
Общая трудоемкость дисциплины всего (в з.е.), в том числе:	4	6
Аудиторные занятия всего (в акад.часах), в том числе:	84	
Лекции	34	
Практические занятия, семинары	50	
Самостоятельная работа всего (в акад.часах), в том числе:	33	
Вид итоговой аттестации:		
Зачет/дифф.зачет		
Экзамен	27	
Общая трудоемкость дисциплины (часах)	144	

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в										Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)						
			Контактная работа					Самостоятельная работа					Форма промежуточной аттестации (по						
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрол.н. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	др.
1.	Введение. Термодинамические системы, параметры и равновесие.	7	13	4	9			4			4								
2.	Термическое и калорическое уравнения состояния. Основные законы и уравнения термодинамики.	7	14	5	9			5			5	+			+				
3	Основные термодинамические процессы и их уравнения.	7	14	5	9			5			5		+		+				
4	2-ое начало термодинамики. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов.	7	14	5	9			5			5		+		+				
5	Расчет энтропии. Парадокс Гиббса.	7	14	5	9			5			5			+					
6	2-ое начало термодинамики для неравновесных процессов.	7	14	5	9			5			5			+					
7	3-е начало термодинамики. Основные следствия третьего начала термодинамики.	7	13	4	9			4			4			+					
8	Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.	7	12	3	9			3			3		+		+				
	Общая трудоемкость, в часах		144	34	50			33			27	Промежуточная аттестация							
												Форма							
												Зачет							
												Зачет с оценкой							
												Экзамен							+

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

Введение. Термодинамические системы, параметры и равновесие. Исходные положения термодинамики.

Термическое и калорическое уравнения состояния. Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики.

Основные термодинамические процессы и их уравнения. Следствия, вытекающие из термического уравнения. Теплота и энтальпия.

2-ое начало термодинамики. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями.

Расчет энтропии. Парадокс Гиббса.

2-ое начало термодинамики для неравновесных процессов. Основные уравнения и основные неравенства термодинамики. Цикл Карно. Пределы применимости 2-го начала термодинамики.

3-е начало термодинамики. Основные следствия третьего начала термодинамики. Методы термодинамики. Метод круговых процессов. Метод термодинамических потенциалов.

Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы 2-го рода. Уравнение Эренфеста.

5. Образовательные технологии

№ п.п.	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии
1	Введение. Термодинамические системы, параметры и равновесие.	классическое традиционное; лекционное обучение
2	Термическое и калорическое уравнения состояния. Основные законы и уравнения термодинамики.	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные
3	Основные термодинамические процессы и их уравнения.	классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)
4	2-ое начало термодинамики. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов.	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа
5	Расчет энтропии. Парадокс Гиббса.	классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение
6	2-ое начало термодинамики для неравновесных процессов.	классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные
7	3-е начало термодинамики. Основные следствия третьего начала термодинамики.	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение
8	Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Изучение термодинамических свойств реальных газов на примере гелия	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела		9
2	История создания двигателей внутреннего сгорания.	Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела Изучение литературы по теме обзора Подготовка тематического обзора		8
3	Изучение различных видов теплообмена.	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела Подготовка к контрольной работе Повторение материала предыдущих разделов		8
4	Коэффициент теплоотдачи. Сложности его экспериментального определения.	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Выбор темы проекта Подбор и изучение литературы по теме проекта Разработка проекта Подготовка отчета по проекту		8
	Всего			33

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма контроля
1	Проработка лекционного	17	Зачет с оценкой

	материала		
2	Подготовка к практическим занятиям	16	Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Самостоятельная работа.

1. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и константы. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа.
2. Теплоемкость. Виды теплоемкостей. Закон Джоуля для идеального газа.
3. Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатной недостижимости Каратеодори. Равенство Клаузиуса.
4. Методы термодинамики. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц. Полный термодинамический потенциал.
5. Релятивистская термодинамика. Идеальный газ. Равновесное излучение.
6. Термодинамика систем при отрицательных температурах.
7. Применение термодинамики. Термодинамика гальванических и топливных элементов. Определение химического сродства. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Термодинамика излучений, плазмы.

Практические занятия.

Задачи по курсу термодинамики:

1. Показать, что дифференциальное выражение для элементарной работы не является полным дифференциалом какой – либо функции параметров состояния системы.
2. Доказать, что для всякой средней обобщенной силы A_i соответственной сопряженному внешнему параметру a , имеет место тождество

$$\left(\frac{\partial T}{\partial A}\right)_a \left(\frac{\partial A}{\partial a}\right)_T \left(\frac{\partial a}{\partial T}\right)_A = -1.$$

3. Установить связь между термическими коэффициентами

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right); \beta = -\frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right); \gamma = \frac{1}{p_0} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right).$$

где V_0 , p_0 – соответственно средний объем и среднее давление в произвольной термодинамической системе.

4. Для идеального газа $pV = \Theta$, $C_v = \text{const}$ получить уравнение адиабаты $p = p(V)$.
5. Показать, что для идеального газа $pV = \Theta$ удельная теплоемкость $C_p = C_v + 1$.
6. Определить КПД тепловой машины работающей по циклу, пересеченных по циклу, состоящих из двух изотерм $\Theta = \Theta_1$ и $\Theta = \Theta_2$, пересеченных двумя адиабатами.
7. Показать, что КПД теплового двигателя не может превышать КПД цикла Карно, работающего в том же диапазоне температур.
8. Полагая, что давление равновесного излучения p равно трети плотности его энергии $U = E/V$, получить температурную зависимость $U = U(\Theta)$.
9. Считая $ds = 1/\Theta(dE + pdV)$ полным дифференциалом в переменных (Θ, V) , выразить величину $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial V}\right)_\Theta$ через уравнение состояния $p = p(\Theta, V)$.
10. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует максимальному значению энтропии.
11. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует минимальному значению свободной энергии.

12. Внутренняя энергия U единицы объема газа является функцией только Θ , а уравнение состояния газа имеет вид $p = \frac{u(\Theta)}{3}$. Определить функциональную форму $U(\Theta)$.

13. Вывести выражение для энтропии идеального газа для случая, когда удельная теплоемкость при постоянном объеме $C_v = C_v^0 = \text{const}$.

14. Для газа заданы соотношения:

а) $pV = f(\Theta)$ и б) $\left(\frac{\partial u}{\partial V}\right)_\Theta = 0$.

Показать, что $f(\Theta)$ имеет смысл абсолютной температуры. Здесь Θ – температура в некоторой произвольной температурной шкале, p – давление, V – объем и u – внутренняя энергия.

15. Методом циклов найти зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры.

Контрольные вопросы.

1. Термодинамика. Введение.
 2. Основные понятия и исходные положения термодинамики.
 3. Термодинамические параметры (интенсивные, экстенсивные). Релаксация.
- Постулаты термодинамики.
4. Гомогенные, гетерогенные системы. Фазы и компоненты.
 5. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа.
 6. Термическое и калорическое уравнения состояния.
 7. Следствия, вытекающие из термического уравнения.
 8. Теплота и энтальпия.
 9. Первое начало термодинамики.
 10. Теплоемкость. Удельная теплоемкость.
 11. Закон Джоуля.
 12. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
 13. Второе начало термодинамики.
 14. Принцип адиабатной недостижимости Каратеодори.
 15. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов.
 16. Парадокс Гиббса.
 17. Границы применимости 2-го начала термодинамики.
 18. 3-е начало термодинамики.
 19. Методы термодинамики. Метод круговых процессов.
 20. Метод термодинамических потенциалов.
 21. Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов.
 22. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.
 23. Применение 3-го начала термодинамики к фазовым переходам 1-го рода.
 24. Фазовые переходы 2-го рода. Уравнение Эренфеста.
 25. Термодинамика систем при отрицательных температурах. Существование систем с отрицательной термодинамической температурой.
 26. Условия устойчивости систем с отрицательными термодинамическими температурами.
 27. Термодинамика различных физических систем. Термодинамика гальванических и топливных элементов.
 28. Термодинамика излучения.
 29. Термодинамика плазмы.
 30. Исходные положения и основные уравнения термодинамики линейных необратимых процессов.

Тестовые задания по дисциплине «Термодинамика»

1. Передача теплоты от одного тела к другому может происходить, если их температуры:
 1. одинаковые
 2. различные
 3. пропорциональные
2. При переходе вещества из жидкого состояния в газообразное силы притяжения между молекулами вещества:
 - 1 уменьшаются
 - 2 увеличиваются
 - 3 остаются без изменения
3. Согласно кинетической теории газов теплота определяется движением частиц:
 1. беспорядочным
 2. упорядоченным
 3. поступательным
4. Термодинамические параметры системы
 1. масса, объем, давление, температура
 2. масса, объем, теплота, температура
 3. масса, объем, давление, работа
5. К независимым параметрам газа относятся:
 1. температура, давление, объем, масса
 2. температура, теплоемкость, давление, масса
 3. температура, теплоемкость, объем, масса
6. Объемная доля газа в смеси – это:
 1. произведение объема компонента и объема всей смеси
 2. отношение объема компонента к объему всей смеси
 3. отношение объема всей смеси к объему компонента
7. Моль и молекула (атом) равны между собой:
 1. по объему
 2. по массе
 3. по количеству весовых единиц
8. Теплота – это:
 1. форма передачи энергии
 2. метод передачи энергии
 3. путь передачи энергии
9. Термодинамический процесс – это изменение состояния термодинамической системы при

обмене энергией в форме:

 1. температуры и работы
 2. давления и теплоты
 3. работы и теплоты
10. Система, лишенная возможности обмениваться энергией с окружающей средой называется:
 1. ограниченной
 2. изолированной
 3. закрытой
11. Киломольные теплоемкости при постоянном давлении (C_P) и постоянном объеме (C_V) связаны между собой уравнением (R - универсальная газовая постоянная):
 1. $C_P = C_V + R$
 2. $C_V = C_P + R$
 3. $R = C_P + C_V$
12. При неравновесном процессе в каждый момент времени параметры системы в различных точках:

1. одинаковые
2. разные
3. пропорциональны друг другу
13. При нагревании газа при постоянном объеме подводимое тепло расходуется на:
 1. изменение размеров системы
 2. изменение внутренней энергии системы
 3. изменение массы системы
14. Внутренняя энергия (U) в термодинамической системе играет роль:
 1. функции
 2. параметра
 3. независимой переменной
15. Внутренняя энергия тела – это:
 1. сумма кинетической и потенциальной энергии всех его частиц
 2. разность потенциальной и кинетической энергий его частиц
 3. произведение кинетической и потенциальной энергий частиц
16. Внутренняя энергия газа пропорциональна его:
 1. давлению
 2. температуре
 3. объему
17. Термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре, называется:
 1. адиабатным
 2. изотермическим
 3. политропным
18. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном давлении, называется:
 1. изобарным
 2. адиабатным
 3. изохорным
19. Поверхность, соединяющая точки с одинаковой температурой, называется:
 1. изохорной
 2. изобарной
 3. изотермической
20. Киломоль любого газа содержит молекул или атомов:
 1. $6,022 \cdot 10^{21}$
 2. $6,022 \cdot 10^{23}$
 3. $6,022 \cdot 10^{26}$
21. Уравнение Клайперона устанавливает связь между:
 1. давлением, объемом и температурой газа
 2. давлением и температурой газа
 3. объемом и температурой газа
22. По закону Бойля–Мариотта давление идеального газа при постоянной температуре:
 1. обратно пропорционально его объему
 2. прямо пропорционально его объему
 3. равно его объему
23. Массовая теплоемкость вещества - это количество тепла, необходимое для нагревания на 1 градус Кельвина:
 1. 1 кг вещества
 2. 1 г вещества
 3. 1 мг вещества
24. Единицы измерения массовой теплоемкости:
 1. кДж / моль * К
 2. Н / моль * К
 3. кДж / кг * К

25. Изменение внутренней энергии системы равно разности между количеством тепла, подведенного к системе и:

1. изменением объема системы
2. изменением массы системы
3. количеством работы, совершенной системой

26. Первый закон термодинамики выражается следующим уравнением (Q – тепловой эффект, U

– внутренняя энергия системы, A – работа системы):

1. $Q = \Delta U + A$
2. $Q = \Delta U - A$
3. $Q = \Delta U \cdot A$

27. Энтальпия (H) в термодинамической системе играет роль:

1. функции
2. параметра
3. зависимой переменной

28. Энтальпия системы (H) связана с внутренней энергией системы (U) уравнением (A – работа):

1. $\Delta H = \Delta U / A$
2. $\Delta H = \Delta U + A$
3. $\Delta H = \Delta U \cdot A$

29. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном объеме, называется:

1. изобарным
2. изохорным
3. изотермическим

30. Для изобарного процесса справедливо уравнение:

1. $V_1/T_1 = V_2/T_2$
2. $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$
3. $P_1/T_1 = P_2/T_2$

31. Для изохорного процесса справедливо уравнение:

1. $V_1/T_1 = V_2/T_2$
2. $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$
3. $P_1/T_1 = P_2/T_2$

32. Для изотермического процесса справедливо уравнение:

1. $V_1/T_1 = V_2/T_2$
2. $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$
3. $P_1/T_1 = P_2/T_2$

33. По закону Гей–Люссака при постоянном давлении объемы одинаковых масс одного и того

же идеального газа:

1. прямо пропорциональны его абсолютным температурам
2. обратно пропорциональны его абсолютным температурам
3. равны его абсолютным температурам

34. Основные компоненты сухого воздуха:

1. кислород и азот
2. кислород и водород
3. кислород и озон

35. Газовая смесь состоит из газов:

1. химически несвязанных между собой
2. вступающих в химическую реакцию
3. изолированных друг от друга

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины

7.1. Учебная литература:

Основная:

1. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории. 419. ... Д. Г. Барсегов, И. Л. Касаткина, А. А. Греков, З. П. Мastroпас. 2010.
2. Michael E. Starzak. 2010. introduction to modern thermodynamics. ... Курс общей физики. в 5 книгах. книга 3. Молекулярная физика и термодинамика. ... физматлит.
3. Термодинамика и статистическая физика. том 3. теория неравновесных систем. М.: 2011
4. Квасников И. А., Термодинамика и статистическая физика. том 1: теория равновесных систем: термодинамика: учебное пособие. Димитриенко Ю. И. Нелинейная механика сплошной среды. М.: физматлит, 2010.
5. educational resources of the internet - physics. образовательные ресурсы интернета - физика. ... - М.: дрофа, 2010. - 352 с.)

Дополнительная:

1. Д. Гиббс. Термодинамика. Статистическая физика. М. 1982.
2. Н.Н. Боголюбов. Динамические проблемы в статистической физике. М. 1946. Последнее переиздание- Н.Н. Боголюбов. Избранные труды по статистической физике. Изд-во МГУ, 1979.
3. Ю.Л. Климонтович. Статистическая физика. Наука. М. 1982.
4. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. Изд-во МГУ, 1991.
5. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. Изд-во МГУ, 1987.
6. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика Т. V. Статистическая физика, часть 1. Наука, М. 1976.
7. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Теоретическая физика Т. X. Физическая кинетика. Наука, М. 1979.
8. И.П. Базаров. Термодинамика. М. 1976, 1983.
9. И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. Изд-во МГУ, 1989.
10. Ч. Киттель. Статистическая термодинамика. Наука. М. 1977.
11. П. Ландсберг. Задачи по термодинамической и статистической физике. Мир М. 1974.
12. Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Наука. 1977.

7.2. Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
Электронно-справочная система документов в	http://www.informio.ru

сфере образования «Информиио»	
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

7.3 Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Консультант»
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий:

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, др. оборудование или компьютерный класс

Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

Видеопроектор, ноутбук, переносной экран.

Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 117) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол - 28 шт.; скамья-56 шт
Учебная аудитория для семинарских занятий (№115) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 14 шт.; скамья-28 шт. Учебные пособия по дисциплинам. Тесты рубежного, итогового контроля, наглядные пособия, УМК по дисциплинам

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ по дисциплине «Термодинамика»

Фонд оценочных средств по дисциплине «Термодинамика» включает все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать освоение обучающимися профессиональных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, предусмотренных Федеральным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.03.02_ Физика (квалификация «Бакалавр») и рабочей программой дисциплины «Термодинамика».

Назначение фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств (ФОС) составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Термодинамика» на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей основной профессиональной образовательной программы (ОПОП). ФОС является составной частью рабочей программы дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Термодинамика» включает в себя: перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП; описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;
- объективности: разные студенты должны иметь равные возможности добиться успеха.

Основными параметрами и свойствами ФОС являются:

- предметная направленность (соответствие предмету изучения конкретной учебной дисциплины);
- содержание (состав и взаимосвязь структурных единиц, образующих содержание теоретической и практической составляющих учебной дисциплины);
- объем (количественный состав оценочных средств, входящих в ФОС);
- качество оценочных средств и ФОС в целом, обеспечивающее получение объективных и достоверных результатов при проведении контроля с различными целями.

I. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1 Перечень формируемых компетенций

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<p>УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними;</p> <p>УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта;</p> <p>УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм;</p> <p>УК-2.4. Выполняет задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректирует способы решения задач;</p> <p>УК-2.5. Представляет результаты проекта, предлагает возможности их использования и/или совершенствования.</p>	<p>Знать: Анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие</p> <p>Уметь: Осуществлять поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов</p> <p>Владеть: При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения</p>
ПК-3.	Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<p>ПК-3.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования.</p> <p>ПК-3.2. Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в заданной физической системе с учетом ее назначения и элементной (электронной, оптической) базы.</p> <p>ПК-3.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физических процесс уравнений</p>	

1.2 ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного
-------	------------------------------------------	--------------------------------	-------------------------

		(или ее части)	средства
1	Введение. Термодинамические системы, параметры и равновесие.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест
2.	Термическое и калорическое уравнения состояния. Основные законы и уравнения термодинамики.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест
3	Основные термодинамические процессы и их уравнения.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест
4	2-ое начало термодинамики. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест
5	Расчет энтропии. Парадокс Гиббса.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест
6	2-ое начало термодинамики для неравновесных процессов.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест
7	3-е начало термодинамики. Основные следствия третьего начала термодинамики.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест
8	Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.	УК-2 ПК -3	Опрос. Практическое занятие. Тест

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

код компетенции	Этапы формирования компетенций (темы дисциплин)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
УК-2	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	+	+	+	+	+	+	+	+

II. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

2.1 Структура фонда оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

№ темы	код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства	
		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	УК-2 ПК -3	-Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен
2	УК-2 ПК -3	-Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен
3	УК-2 ПК -3	- Лабораторная работа; -Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен

4	УК-2 ПК -3	-Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен
5	УК-2 ПК -3	- Лабораторная работа; -Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен
6	УК-2 ПК -3	- Лабораторная работа; -Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен
7	УК-2 ПК -3	- Лабораторная работа; -Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен
8	УК-2 ПК -3	- Лабораторная работа; -Тестовые задания; -вопросы для обсуждения; -задачи.	Экзамен

2.2 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ ПО ВИДАМ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование оценочного средства	Характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
УСТНЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА			
1	Собеседование, устный опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	Доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
ПИСЬМЕННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА			
4	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой	Темы рефератов

		краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	
5	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
6	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
7	Лабораторная работа	Средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу	Комплект лабораторных заданий
8	Задача	Это средство раскрытия связи между данными и искомым, заданные условием задачи, на основе чего надо выбрать, а затем выполнить действия, в том числе арифметические, и дать ответ на вопрос задачи	Задания по задачам

А) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА УСТНЫЕ ВОПРОСЫ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов	Оценка/зачет
1	1) полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; 3) излагает материал последовательно и правильно.	10	отлично
2	студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет.	8	хорошо
3	студент обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но: 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;	5-6	удовлетворительно

	3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки		
4	студент обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал; отмечаются такие недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом	0	неудовлетворительно

Б) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ

№ п/п	тестовые нормы: % правильных ответов	Количество баллов
1	90-100 %	9-10
2	80-89%	7-8
3	70-79%	5-6
4	50-59%	3-4
5	50-59%	1-2
6	менее 50%	0

В) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов
1	Полное верное решение. В логическом рассуждении и решении нет ошибок, задача решена рациональным способом. Получен правильный ответ. Ясно описан способ решения	9-10
2	Верное решение, но имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение, такие как небольшие логические пропуски, не связанные с основной идеей решения. Решение оформлено не вполне аккуратно, но это не мешает пониманию решения.	7-8
3	Решение в целом верное. В логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок, но задача решена неоптимальным способом или допущено не более двух незначительных ошибок. В работе присутствуют арифметическая ошибка, механическая ошибка или описка при переписывании выкладок или ответа, не искажившие экономическое содержание ответа.	5-6
4	В логическом рассуждении и решении нет ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах. При объяснении сложного экономического явления указаны не все существенные факторы	3-4
5	Имеются существенные ошибки в логическом рассуждении и в решении. Рассчитанное значение искомой величины искажает экономическое содержание ответа. Доказаны вспомогательные утверждения, помогающие в решении задачи.	2
6	Рассмотрены отдельные случаи при отсутствии решения. Отсутствует окончательный численный ответ (если он предусмотрен в задаче). Правильный ответ угадан, а выстроенное под него решение - безосновательно	1
7	Решение неверное или отсутствует	0

Г) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕФЕРАТОВ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов
1	Выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы	9-10
2	Основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.	7-8
3	Имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы	4-6
4	Тема освоена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.	1-3
5	Тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы	0

Д) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов
1	Абсолютное понимание сути вопросов, безукоризненное знание основных понятий и положений, логически и лексически грамотно изложенные, содержательные, аргументированные и исчерпывающие ответы	19-20
2	Глубокое твердое знание основных понятий и положений по вопросам, структурированные, последовательные, полные, правильные ответы	17-18
3	Глубокие знания материала, правильное понимание сути вопросов, знание основных понятий и положений по вопросам, содержательные, полные и конкретные ответ на вопросы. Наличие несущественных или технических ошибок	15-16
4	Твердые, достаточно полные знания, хорошее понимание сути вопросов, правильные ответы на вопросы, минимальное количество неточностей, небрежное оформление	13-14
5	Твердые, но недостаточно полные знания, по сути верное понимание вопросов, в целом правильные ответы на вопросы, наличие неточностей, небрежное оформление	11-12
6	Общие знания, недостаточное понимание сути вопросов, наличие большого числа неточностей, небрежное оформление	9-10
7	Относительные знания, наличие ошибок, небрежное оформление	5-8
8	Поверхностные знания, наличие грубых ошибок, отсутствие логики изложения материала	1-4
9	Отсутствие ответа, дан ответ на другие вопросы, списывание в ходе выполнения работы, наличие на рабочем месте технических средств, в том числе телефона	0

III ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСОВЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Самостоятельная работа.

8. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и константы. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа.
9. Теплоемкость. Виды теплоемкостей. Закон Джоуля для идеального газа.
10. Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатной недостижимости Каратеодори. Равенство Клаузиуса.
11. Методы термодинамики. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц. Полный термодинамический потенциал.
12. Релятивистская термодинамика. Идеальный газ. Равновесное излучение.
13. Термодинамика систем при отрицательных температурах.
14. Применение термодинамики. Термодинамика гальванических и топливных элементов. Определение химического сродства. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Термодинамика излучений, плазмы.

Практические занятия.

Задачи по курсу термодинамики:

16. Показать, что дифференциальное выражение для элементарной работы не является полным дифференциалом какой – либо функции параметров состояния системы.
17. Доказать, что для всякой средней обобщенной силы A_i соответственной сопряженному внешнему параметру a , имеет место тождество

$$\left(\frac{\partial T}{\partial A}\right)_a \left(\frac{\partial A}{\partial a}\right)_T \left(\frac{\partial a}{\partial T}\right)_A = -1.$$

18. Установить связь между термическими коэффициентами

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right); \beta = -\frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right); \gamma = \frac{1}{P_0} \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right).$$

где V_0 , P_0 – соответственно средний объем и среднее давление в произвольной термодинамической системе.

19. Для идеального газа $pV = \Theta$, $C_v = \text{const}$ получить уравнение адиабаты $p = p(V)$.
20. Показать, что для идеального газа $pV = \Theta$ удельная теплоемкость $C_p = C_v + 1$.
21. Определить КПД тепловой машины работающей по циклу, пересеченных по циклу, состоящих из двух изотерм $\Theta = \Theta_1$ и $\Theta = \Theta_2$, пересеченных двумя адиабатами.
22. Показать, что КПД теплового двигателя не может превышать КПД цикла Карно, работающего в том же диапазоне температур.
23. Полагая, что давление равновесного излучения p равно трети плотности его энергии $U = E/V$, получить температурную зависимость $U = U(\Theta)$.
24. Считая $ds = 1/\Theta(dE + pdV)$ полным дифференциалом в переменных (Θ, V) , выразить величину $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial V}\right)_\Theta$ через уравнение состояния $p = p(\Theta, V)$.
25. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует максимальному значению энтропии.
26. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует минимальному значению свободной энергии.

27. Внутренняя энергия U единицы объема газа является функцией только Θ , а уравнение состояния газа имеет вид $p = \frac{u(\Theta)}{3}$. Определить функциональную форму $U(\Theta)$.

28. Вывести выражение для энтропии идеального газа для случая, когда удельная теплоемкость при постоянном объеме $C_v = C_v^0 = \text{const}$.

29. Для газа заданы соотношения:

а) $pV = f(\Theta)$ и б) $\left(\frac{\partial u}{\partial V}\right)_\Theta = 0$.

Показать, что $f(\Theta)$ имеет смысл абсолютной температуры. Здесь Θ – температура в некоторой произвольной температурной шкале, p – давление, V – объем и u – внутренняя энергия.

30. Методом циклов найти зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры.

Контрольные вопросы.

31. Термодинамика. Введение.
32. Основные понятия и исходные положения термодинамики.
33. Термодинамические параметры (интенсивные, экстенсивные). Релаксация. Постулаты термодинамики.
34. Гомогенные, гетерогенные системы. Фазы и компоненты.
35. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа.
36. Термическое и калорическое уравнения состояния.
37. Следствия, вытекающие из термического уравнения.
38. Теплота и энтальпия.
39. Первое начало термодинамики.
40. Теплоемкость. Удельная теплоемкость.
41. Закон Джоуля.
42. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
43. Второе начало термодинамики.
44. Принцип адиабатной недостижимости Каратеодори.
45. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов.
46. Парадокс Гиббса.
47. Границы применимости 2-го начала термодинамики.
48. 3-е начало термодинамики.
49. Методы термодинамики. Метод круговых процессов.
50. Метод термодинамических потенциалов.
51. Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов.
52. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.
53. Применение 3-го начала термодинамики к фазовым переходам 1-го рода.
54. Фазовые переходы 2-го рода. Уравнение Эренфеста.
55. Термодинамика систем при отрицательных температурах. Существование систем с отрицательной термодинамической температурой.
56. Условия устойчивости систем с отрицательными термодинамическими температурами.
57. Термодинамики различных физических систем. Термодинамика гальванических и топливных элементов.
58. Термодинамика излучения.
59. Термодинамика плазмы.
60. Исходные положения и основные уравнения термодинамики линейных необратимых процессов.

Тестовые задания по дисциплине «Термодинамика»

1. Передача теплоты от одного тела к другому может происходить, если их температуры:
 1. одинаковые
 2. различные
 3. пропорциональные
2. При переходе вещества из жидкого состояния в газообразное силы притяжения между молекулами вещества:
 - 1 уменьшаются
 - 2 увеличиваются
 - 3 остаются без изменения
3. Согласно кинетической теории газов теплота определяется движением частиц:
 1. беспорядочным
 2. упорядоченным
 3. поступательным
4. Термодинамические параметры системы
 1. масса, объем, давление, температура
 2. масса, объем, теплота, температура
 3. масса, объем, давление, работа
5. К независимым параметрам газа относятся:
 1. температура, давление, объем, масса
 2. температура, теплоемкость, давление, масса
 3. температура, теплоемкость, объем, масса
6. Объемная доля газа в смеси – это:
 1. произведение объема компонента и объема всей смеси
 2. отношение объема компонента к объему всей смеси
 3. отношение объема всей смеси к объему компонента
7. Моль и молекула (атом) равны между собой:
 1. по объему
 2. по массе
 3. по количеству весовых единиц
8. Теплота – это:
 1. форма передачи энергии
 2. метод передачи энергии
 3. путь передачи энергии
9. Термодинамический процесс – это изменение состояния термодинамической системы при
 - обмене энергией в форме:
 1. температуры и работы
 2. давления и теплоты
 3. работы и теплоты
10. Система, лишенная возможности обмениваться энергией с окружающей средой называется:
 1. ограниченной
 2. изолированной
 3. закрытой
11. Киломольные теплоемкости при постоянном давлении (C_P) и постоянном объеме (C_V) связаны между собой уравнением (R - универсальная газовая постоянная):
 1. $C_P = C_V + R$
 2. $C_V = C_P + R$
 3. $R = C_P + C_V$
12. При неравновесном процессе в каждый момент времени параметры системы в различных точках:

1. одинаковые
2. разные
3. пропорциональны друг другу
13. При нагревании газа при постоянном объеме подводимое тепло расходуется на:
 1. изменение размеров системы
 2. изменение внутренней энергии системы
 3. изменение массы системы
14. Внутренняя энергия (U) в термодинамической системе играет роль:
 1. функции
 2. параметра
 3. независимой переменной
15. Внутренняя энергия тела – это:
 1. сумма кинетической и потенциальной энергии всех его частиц
 2. разность потенциальной и кинетической энергий его частиц
 3. произведение кинетической и потенциальной энергий частиц
16. Внутренняя энергия газа пропорциональна его:
 1. давлению
 2. температуре
 3. объему
17. Термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре, называется:
 1. адиабатным
 2. изотермическим
 3. политропным
18. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном давлении, называется:
 1. изобарным
 2. адиабатным
 3. изохорным
19. Поверхность, соединяющая точки с одинаковой температурой, называется:
 1. изохорной
 2. изобарной
 3. изотермической
20. Киломоль любого газа содержит молекул или атомов:
 1. $6,022 \cdot 10^{21}$
 2. $6,022 \cdot 10^{23}$
 3. $6,022 \cdot 10^{26}$
21. Уравнение Клайперона устанавливает связь между:
 1. давлением, объемом и температурой газа
 2. давлением и температурой газа
 3. объемом и температурой газа
22. По закону Бойля–Мариотта давление идеального газа при постоянной температуре:
 1. обратно пропорционально его объему
 2. прямо пропорционально его объему
 3. равно его объему
23. Массовая теплоемкость вещества - это количество тепла, необходимое для нагревания на 1 градус Кельвина:
 1. 1 кг вещества
 2. 1 г вещества
 3. 1 мг вещества
24. Единицы измерения массовой теплоемкости:
 1. кДж / моль * К
 2. Н / моль * К
 3. кДж / кг * К

25. Изменение внутренней энергии системы равно разности между количеством тепла, подведенного к системе и:

1. изменением объема системы
2. изменением массы системы
3. количеством работы, совершенной системой

26. Первый закон термодинамики выражается следующим уравнением (Q – тепловой эффект, U – внутренняя энергия системы, A – работа системы):

1. $Q = \Delta U + A$
2. $Q = \Delta U - A$
3. $Q = \Delta U \cdot A$

27. Энтальпия (H) в термодинамической системе играет роль:

1. функции
2. параметра
3. зависимой переменной

28. Энтальпия системы (H) связана с внутренней энергией системы (U) уравнением (A – работа):

1. $\Delta H = \Delta U / A$
2. $\Delta H = \Delta U + A$
3. $\Delta H = \Delta U \cdot A$

29. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном объеме, называется:

1. изобарным
2. изохорным
3. изотермическим

30. Для изобарного процесса справедливо уравнение:

1. $V_1/T_1 = V_2/T_2$
2. $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$
3. $P_1/T_1 = P_2/T_2$

31. Для изохорного процесса справедливо уравнение:

1. $V_1/T_1 = V_2/T_2$
2. $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$
3. $P_1/T_1 = P_2/T_2$

32. Для изотермического процесса справедливо уравнение:

1. $V_1/T_1 = V_2/T_2$
2. $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$
3. $P_1/T_1 = P_2/T_2$

33. По закону Гей–Люссака при постоянном давлении объемы одинаковых масс одного и того же идеального газа:

1. прямо пропорциональны его абсолютным температурам
2. обратно пропорциональны его абсолютным температурам
3. равны его абсолютным температурам

34. Основные компоненты сухого воздуха:

1. кислород и азот
2. кислород и водород
3. кислород и озон

35. Газовая смесь состоит из газов:

1. химически несвязанных между собой
2. вступающих в химическую реакцию
3. изолированных друг от друга

Темы рефератов по дисциплине «Термодинамика»

1. Техническая термодинамика как теоретическая основа систем энергообеспечения (теплотой, электроэнергией и холодом). Понятия о термодинамических системах, параметрах состояния, равновесных и неравновесных процессах.
2. Определение понятий термодинамической системы и окружающей среды. Функции состояния и функции процесса.
3. Уравнение состояния идеальных газов. Термические коэффициенты и соотношение между ними. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа - формы передачи энергии. Принцип эквивалентности тепла и механической работы.
4. Формулировки первого закона термодинамики. Внутренняя энергия и ее свойства. Энтальпия и её свойства.
5. Виды работ термомеханической системы и связь между ними. Первый закон термодинамики для стационарного потока массы.
6. Определение изобарной и изохорной теплоемкостей, вывод уравнения для их соотношения. Определение теплоемкости. Размерность теплоемкостей. Соотношение массовой, мольной и объемной теплоемкостей. Теплоемкость идеальных газов. Уравнение Майера.
7. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Формула Эйнштейна для расчета колебательных степеней свободы.
8. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Таблицы термодинамических свойств идеальных газов. Основные процессы идеальных газов.
9. Вывод соотношений для относительных объемов и давлений для адиабатного процесса с учетом зависимости теплоемкости от температуры.
10. Понятие об обратимых и необратимых процессах. Второе начало термодинамики. Формулировки и аналитическое выражение. Интеграл Клаузиуса.
11. Определение энтропии. Вывод формулы для расчета изменения энтропии в процессах с идеальными газами. КПД прямого цикла Карно и теоретический холодильный коэффициент цикла Карно.
12. Первая и вторая теоремы Карно. Изменение энтропии в необратимых процессах. Энтропийный метод термодинамического анализа для процесса теплообмена в конденсаторе ПТУ.
13. Изменение энтропии в необратимых процессах. Энтропийный метод термодинамического анализа для процессов расширения (в турбине) и сжатия (в компрессоре).
14. T,S - диаграмма и ее свойства. Термодинамические циклы в T,S - диаграмме. Понятие о среднеинтегральной температуре подвода и отвода теплоты.
15. Возрастание энтропии изолированной системы. Свойства энтропии. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.
16. Смеси идеальных газов. Основные определения. Способы задания состава смеси. Уравнение состояния Клапейрона-Менделеева для смеси идеальных газов.
17. Расчет термодинамических свойств идеальных газов по свойствам компонентов. Энтропия смеси идеальных газов.
18. Смеси реальных газов. Калорические эффекты смешения. Определение калорических эффектов смешения по объемному эффекту смешения.
19. Фазовое равновесие и фазовые переходы. Агрегатные состояния. Фазовая p,T - диаграмма. Правило фаз Гиббса. Полные TS , PV и PT диаграммы для нормальных веществ.
20. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса и его следствия. Соотношение между изохорным и изобарным эффектами реакции.
21. Константа равновесия. Закон действующих масс. Принцип Ле Шателье – Брауна. Аналитическое выражение второго начала термодинамики для необратимых химических реакций.
24. Тепловая теорема Нернста. Гипотеза Планка. Третий закон термодинамики и его следствия. Определение значения абсолютной величины энтропии на основе калорических

данных.

Шкала оценивания, показатели и критерии оценивания образовательных результатов обучающегося

Шкала оценивания	Показатели и критерии оценивания
5, «отлично»	Студентом дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок.
4, «хорошо»	Студентом дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.
3, «удовлетворительно»	Студентом дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.
2, «неудовлетворительно»	Студентом дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено. Т.е студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная:

6. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории. 419. ... Д. Г. Барсегов, И. Л. Касаткина, А. А. Греков, З. П. Мastroпас. 2010.
7. Michael E. Starzak. 2010. introduction to modern thermodynamics. ... Курс общей физики. в 5 книгах. книга 3. Молекулярная физика и термодинамика. ... физматлит.
8. Термодинамика и статистическая физика. том 3. теория неравновесных систем. М.: 2011
9. Квасников И. А., Термодинамика и статистическая физика. том 1: теория равновесных систем: термодинамика: учебное пособие. Дмитриенко Ю. И. Нелинейная механика сплошной среды. М.: физматлит, 2010.
10. educational resources of the internet - physics. образовательные ресурсы интернета - физика. ... - М.: дрофа, 2010. - 352 с.)

Дополнительная:

13. Д. Гиббс. Термодинамика. Статистическая физика. М. 1982.
14. Н.Н. Боголюбов. Динамические проблемы в статистической физике. М. 1946. Последнее переиздание- Н.Н. Боголюбов. Избранные труды по статистической физике. Изд-во МГУ, 1979.
15. Ю.Л. Климонтович. Статистическая физика. Наука. М. 1982.
16. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. Изд-во МГУ, 1991.
17. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. Изд-во МГУ, 1987.
18. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика Т. V. Статистическая физика, часть 1. Наука, М. 1976.
19. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Теоретическая физика Т. X. Физическая кинетика. Наука, М. 1979.
20. И.П. Базаров. Термодинамика. М. 1976, 1983.
21. И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. Изд-во МГУ, 1989.
22. Ч. Киттель. Статистическая термодинамика. Наука. М. 1977.
23. П. Ландсберг. Задачи по термодинамической и статистической физике. Мир М. 1974.
24. Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Наука. 1977.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-ресурсы

1. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm>
2. <http://mat.net.ua/mat/index-fizika.htm>
3. http://ph4s.ru/books_phys.html

Электронные ресурсы ИнГГУ

№ /п	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
	Электронная библиотека EastView	http://www.dlib.eastview.com	Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
	Справочно-правовая система «Консультант-плюс»	http://www.consultant.ru	Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
	База данных «Полпред»	http://www.polpred.com	Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
	Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://www.window.edu.ru	Свободный доступ по сети Интернет.
	Информационная	http://www.ecsosman.ru	Свободный доступ по сети

	система «Экономика. Социология. Менеджмент»		Интернет.
	Сайт Высшей аттестационной комиссии	http://www.vak.ed.gov.ru	Свободный доступ по сети Интернет.
	В помощь аспирантам	http://www.dis.finansy.ru	Свободный доступ по сети Интернет.
	Elsevier	http://www.sciencedirect.com ; http://www.scopus.com	Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ
	Консультант студента	http://www.studmedlib.ru	Доступ по индивидуальным скретч-картам.
	«Электронная библиотечная система Университетская библиотека ONLINE»	http://www.biblioclub.ru	Доступ возможен с любого компьютера, включённого в университетскую сеть ИнГГУ

9. Программное обеспечение

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГГУ
 - 1.1. Microsoft Windows 7
 - 1.2. Microsoft Office 2007
 - 1.3. Программный комплекс ММИС “Визуальная Студия Тестирования”
 - 1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32
 - 1.5. Справочно-правовая система “Гарант”

Наряду с традиционными изданиями студенты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

Таблица 9.1.

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	http://polpred.com/news
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная	http://www.studentlibrary.ru -

система	
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://e.lanbook.com -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

Рабочая программа дисциплины Термодинамика составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «07» августа 2020 г. № 891.

Программу составили:

1. Гайтукиева Зарита Хазировна, доцент кафедры физики ИнГГУ
(Ф.И.О., должность)

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 8 от « 11 » марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

Протокол № 7 от « 13 » марта 2025 года

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой

