

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика

Кафедра Общей и теоретической физики, физического факультета

Образовательная программа

03.03.02 Физика

Профили подготовки

фундаментальная физика, медицинская физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: базовая

Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» (уровень бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик: кафедра общей и теоретической физики,
Алисултанов З.З. , д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры общей и теоретической физики от «21» января 2020г.,
протокол №5.

Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «28»
февраля 2020г., протокол №6

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-
методическим управлением «26» марта 2020г. .

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Термодинамика» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей и теоретической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением явлений и процессов, происходящих в природе, установить связь между ними, вывести основные законы и получить их выражения в виде математических уравнений, научить применять полученные теоретические знания для решения конкретных задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

общекультурных - ОК-2;

общепрофессиональных - ОПК-1, ОПК-3;

профессиональных - ПК-1, ПК-4;

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов и коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экза мен	Форма промежуточ ной аттестации (зачет, дифференци рованный зачет, экзамен
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					КСР		
		Всего	из них						
	Лекции	Лаборатор ные занятия	Практичес кие занятия	КСР	консульт ации				
7	72	52	18	-	34			20	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Термодинамика - это один из разделов теоретической физики, который является основным в общей системе современной подготовки физиков – профессионалов. Задачей дисциплины является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и целеустремленное изучение разделов физики в рамках теоретической физики – специализированных дисциплин.

Первая - эта мировоззренческая и методологическая направленность курса. Необходимо формировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы. Для этого необходимо обобщить экспериментальные данные и на их основе произвести построение моделей наблюдаемых явлений со строгим обоснованием приближений и рамок, в которых эти модели действуют. Во вторых, в рамках единого подхода классической физики необходимо рассматривать все основные явления и процессы происходящие в природе, установить связь между ними, вывести основные законы и получить их выражения в виде математических уравнений, в третьих, необходимо научить студентов самостоятельно применять полученные теоретические знания для решения конкретных задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика». Является основополагающей вместе с такими дисциплинами как: математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление, уравнения математической физики, механика, электричество и магнетизм, оптика, теоретическая механика, высшая математика, квантовая механика. Курс посвящен проблемам рассмотрения физики конденсированного состояния вещества и газов.

Требования к первоначальному уровню подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины:

Уровень «знать»:

- Функциональный, структурный и ориентированный подходы и основные понятия термодинамики;
- Основные требования о термодинамическом методе изучения свойств вещества;
- Основные законы и парадоксы термодинамики.

Уровень «уметь»:

- Составить уравнения состояния идеального газа;
- Использовать методы термодинамики при решении конкретных задач;
- Основываясь на трех началах термодинамики исследовать свойства реальных систем, состоящих из громадного числа частиц.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК-2	Способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • историю развития и современные проблемы термодинамики, взаимосвязь и преемственность термодинамических технологий; • становление термодинамики как фундаментальной науки; • концепции и идеи, на которых основано многообразие технологий на основе развития термодинамических принципов; • особенности, применения законов и методов термодинамики. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Оценивать правовые, социальные и исторические следствия решений, принимаемых при выборе тех или иных методов термодинамики для создания современных технологий.

ОПК-1	<p>способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • предмет изучения термодинамики объекты изучения; • методы термодинамики, такие как метод циклов и метод термодинамических потенциалов; • основные достижения в области исследования систем многих частиц; • тенденции развития термодинамики, в особенности неравновесной, как фундаментальной науки. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать основные уравнения термодинамики при решении конкретных практических задач; • оценивать возможности применения методов термодинамики при исследовании вопросов химии, биологии и других наук. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основными принципами и критериями условий термодинамического равновесия и устойчивости.
ОПК-3	<p>способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • что базовые знания дисциплины «Термодинамика» необходимы для успешного решения ряда задач, относящихся к созданию современных технологий, относящихся не только к физике, но и медицине, биологии и другим отраслям; • основные уравнения механики, в том числе квантовой используемые в других областях научных исследований. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками применения основных уравнений и неравенств термодинамики для решения практических задач.

ПК-1	<p>способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • программу теоретической физики, по которой проходит специализация физиков; • основные вопросы общей физики, необходимые для успешного прохождения дисциплины «Термодинамика»; • основные вопросы термодинамики, необходимые для освоения профильных дисциплин направления «электроника и нанoeлектроника» <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать знания молекулярной физики, необходимые для успешного прохождения курса «Термодинамика»; • использовать разделы теоретической физики, необходимые при решении задач термодинамики. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • специализированными знаниями отдельных курсов теоретической физики, необходимыми при прохождении дисциплины «Термодинамика».
ПК-4	<p>способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профессиональных физических дисциплин.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные вопросы, которые рассматриваются при прохождении курса «Термодинамика»; • способы и методы решения отдельных задач термодинамики. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять на практике знания, полученные при освоении основных вопросов термодинамики. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами решения задач термодинамики, относящихся к основным вопросам теории.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы - 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Основные понятия термодинамики.									
1.	Основные понятия и исходные положения термодинамики. Гомогенные и гетерогенные системы. Внутренняя энергия, работа, теплота, теплоемкость.	7		2	2	-	-	2	опрос
2.	Термические и калорическое уравнения состояния. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Обратимые и необратимые процессы.		1	2	-	-	1	опрос	
3.	Второе начало термодинамики. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости. Энтропия.		2	4	-	-	2	опрос	
4.	Методы термодинамики. Термодинамические потенциалы. Соотношения между производными термодинамических величин.		2	6	-	-	4	опрос	
5.	Химический потенциал. Системы с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал.		2	4	-	-	2	опрос	

Итого по модулю 1			9	16	-	-	11	КОЛЛОКВИУ М
Модуль 2. Условия равновесия систем и фазовые переходы.								
1.	Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Матрица устойчивости. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.	7	2	4	-	-	-	опрос
2.	Принцип Ле-шателье. Парадокс Гиббса.		1	2	-	-	-	опрос
3.	Состояния с отрицательной температурой. Термодинамика плазмы.		1	2	-	-	1	опрос
4.	Фазовые переходы и их классификация. Фазовые переходы I-рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.		2	4	-	-	2	опрос
5.	Фазовые переходы II-рода. Уравнения Эренфеста. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние.		2	4	-	-	2	опрос
6.	Критические явления. Критические индексы.		1	2	-	-	1	опрос
Итого по модулю 2			9	18	-	-	9	зачет
ИТОГО			18	34	-	-	20	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основные понятия термодинамики.

Основные положения, основные законы и уравнения термодинамики.

Гомогенные и гетерогенные системы. Внутренняя энергия, работа, количество теплоты, теплоемкость. Термические и калорические уравнения состояния. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Обратимые и необратимые процессы, и их связь с равновесным состоянием. Второе начало термодинамики и его исходная формулировка. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости.

Модуль 2. Условия равновесия систем и фазовые переходы.

Методы термодинамики. Равновесие и его условия. Фазовые переходы.

Метод термодинамических потенциалов. Соотношения между производными термодинамических величин. Большой термодинамический потенциал. Химический потенциал. Условия равновесия термодинамической системы. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Принцип Ле-шателье. Термодинамика плазмы. Фазовые переходы и их классификация. Фазовые переходы I-рода, уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Фазовые переходы II-рода, уравнение Эренфеста. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние. Критические явления.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основные понятия термодинамики.		
Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Основные понятия и исходные положения термодинамики.	Гомогенные и гетерогенные системы. Основные законы и уравнения термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.	4
Основные термодинамические процессы и их уравнения.	Связь обратимых и необратимых процессов с равновесным состоянием системы.	2
Второе начало термодинамики.	Принцип адиабатической и изотермической недостижимости.	2
	Исходная формулировка второго начала термодинамики. Энтропия и ее математическое обоснование.	2
Методы термодинамики.	Метод термодинамических потенциалов и метод циклов.	2
	Соотношение между производными термодинамических величин.	2
	Термодинамические потенциалы.	2
Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал.	Большой термодинамический потенциал. Химический потенциал и его физический смысл.	2
Модуль 2. Условия равновесия систем и фазовые переходы.		
Условия термодинамического равновесия.	Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Матрица устойчивости равновесия.	2
Принцип Ле-шателье.	Обоснование принципа Ле-шателье. Парадокс Гиббса.	2
Состояния с отрицательной температурой.	Примеры систем с отрицательной температурой. Термодинамические характеристики таких систем.	2
Плазменные состояния вещества.	Термодинамика плазмы. Особенности поведения системы в плазменном состоянии.	2
Фазовые переходы I-рода.	Уравнение Клапейрона - Клаузиуса.	2
	Примеры фазовых переходов I-рода. Классификация фазовых переходов.	2
Фазовые переходы II-рода.	Уравнения Эренфеста. Примеры фазовых переходов II-рода.	2
	Фазовый переход в сверхпроводящее состояние.	2
Критические явления.	Критические явления и их описание. Флуктуационная теория фазовых переходов Критические индексы и соотношения между ними.	2

5. Образовательные технологии

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для подготовки к занятиям также подготовлен электронный курс лекций, который в скором времени разместят на сайте ДГУ. Данный электронный курс лекция будет способствовать подготовке к сдаче зачета.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Основные понятия и исходные положения термодинамики.	Выяснить что такое макропараметры системы. Интенсивные и экстенсивные параметры. Равновесное состояние. Гомогенные и гетерогенные системы. Неравновесные процессы и время релаксации.

<p>Основные уравнения и законы термодинамики</p>	<p>Выяснить почему в соотношении $\delta Q = dE + PdV$ в левой части не полный дифференциал Q. Термодинамическое и калорическое уравнения состояния. Показать, что $C_p - C_v = R$ для молярных теплоемкостей. Записать уравнения для различных термодинамических процессов. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости.</p>
<p>Второе начало термодинамики для равновесных процессов</p>	<p>Уметь сформулировать исходную формулировку второго начала. Рассмотреть обратимые и необратимые процессы и их связь с равновесным и неравновесным. В чем заключается принципы адиабатической и изотермической недостижимости. Математически обосновать существование энтропии.</p>
<p>Второе начало термодинамики для неравновесных процессов</p>	<p>Суметь показать различие между основными уравнениями термодинамики для равновесных и неравновесных процессов. Выяснить что такое изолированная и адиабатно изолированная системы.</p>
<p>Методы термодинамики</p>	<p>Рассмотреть недостатки метода циклов и почему, все-таки, применяют его. Преимущества метода термодинамических потенциалов. Выяснить какие термодинамические величины могут быть термодинамическими потенциалами. Научиться выводить все соотношения между производными термодинамических величин.</p>
<p>Условия равновесия и устойчивости</p>	<p>Что такое равновесное состояние и устойчивое равновесие? Рассмотреть различные процессы и общие условия равновесия и устойчивости. Получить соотношение $\mu_1(P,T) = \mu_2(P,T)$ для двухфазной однокомпонентной системы</p>
<p>Термодинамика магнетиков и диэлектриков.</p>	<p>Получить выражение для свободной энергии диэлектрика в электрическом поле. Основное уравнение термодинамики для магнетиков и диэлектриков.</p>

Фазовые переходы первого и второго рода.	Рассмотреть квалификацию фазовых переход первого и второго рода по Эренфесту. Изучить фазовый переход в сверхпроводящее состояние и теории Ландау Ф.П.; из которого следует скачок теплоемкости.
--	--

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (зачет). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

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

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-2	Способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • историю развития и современные проблемы термодинамики, взаимосвязь и преемственность термодинамических технологий; • становление термодинамики как фундаментальной науки; • концепции и идеи, на которых основано многообразие технологий на основе развития термодинамических принципов; • особенности, применения законов и методов термодинамики. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • оценивать правовые, социальные и исторические следствия решений, принимаемых при выборе тех или иных методов термодинамики для создания современных технологий. 	Устный опрос,
ОПК-1	способность использовать в	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • предмет изучения термодинамики 	Устный опрос

	<p>профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук</p>	<p>объекты изучения;</p> <ul style="list-style-type: none"> • методы термодинамики, такие как метод циклов и метод термодинамических потенциалов; • основные достижения в области исследования систем многих частиц; • тенденции развития термодинамики, в особенности неравновесной, как фундаментальной науки. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать основные уравнения термодинамики при решении конкретных практических задач; • оценивать возможности применения методов термодинамики при исследовании вопросов химии, биологии и других наук. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основными принципами и критериями условий термодинамического равновесия и устойчивости. 	
ОПК-3	<p>способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • что базовые знания дисциплины «Термодинамика» необходимы для успешного решения ряда задач, относящихся к созданию современных технологий, относящихся не только к физике, но и медицине, биологии и другим отраслям; • основные уравнения механики, в том числе квантовой используемые в других областях научных исследований. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками применения основных уравнений и неравенств термодинамики для решения практических задач. 	Устный опрос
ПК-1	<p>способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • программу теоретической физики, по которой проходит специализация физиков; • основные вопросы общей физики, необходимые для успешного прохождения дисциплины «Термодинамика»; • основные вопросы 	Устный опрос, письменный опрос, разноуровневые задачи

		<p>термодинамики, необходимые для освоения профильных дисциплин направления «электроника и наноэлектроника»</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> использовать знания молекулярной физики, необходимые для успешного прохождения курса «Термодинамика»; использовать разделы теоретической физики, необходимые при решении задач термодинамики. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> специализированными знаниями отдельных курсов теоретической физики, необходимыми при прохождении дисциплины «Термодинамика». 	
ПК-4	<p>способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профессиональных физических дисциплин.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> основные вопросы, которые рассматриваются при прохождении курса «Термодинамика»; способы и методы решения отдельных задач термодинамики. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> применять на практике знания, полученные при освоении основных вопросов термодинамики. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> методами решения задач термодинамики, относящихся к основным вопросам теории. 	<p>Устный опрос, письменный опрос, разноуровневые задачи</p>

7.2. Типовые контрольные задания.

7.2.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

1. Что означает состояние термодинамической системы и какими параметрами оно определяется?
2. Какая термодинамическая система является однородной?
3. Какая система называется замкнутой?
4. В чем выражается квазизамкнутость подсистем?
5. Какие параметры определяют состояние системы?
6. Какие параметры системы являются внутренними?
7. Какие параметры термодинамической системы будут являться внешними?
8. Какие процессы являются равновесными, а какие - неравновесными?

9. Что такое гомогенные и гетерогенные системы?
10. Какая энергия является внутренней?
11. Что такое внешняя энергия?
12. Что означает адиабатно- изолированная система?
13. Какой вид имеет выражение для элементарной работы, совершаемой при изотермическом расширении системы под действием всестороннего равномерного давления?
14. Работа, совершаемая силами поверхностного натяжения при изменении площади поверхности?
15. Элементарная работа, совершаемая единицей объема диэлектрика, при изменении в нем напряженности \vec{E} электрического поля вследствие движения создающих его зарядов?
16. Элементарная работа при изменении напряженности \vec{H} магнитного поля в магнетике с индукцией \vec{B} .
17. Какое уравнение состояния системы называется калорическим?
18. Какое уравнение состояния системы называется термическим?
19. Какой вид имеет уравнение первого начала термодинамики?
20. Определить связь между C_p и C_v , если известны калорическое и термическое уравнение состояние системы?
21. Как можно показать, что для идеального газа разность между C_p и C_v равна R (для молярных теплоемкостей)?
22. Какие основные термодинамические процессы вам известны?
23. Какие процессы называются обратимыми(необратимыми)?
24. В чем выражается принцип адиабатической недостижимости?
25. Как понимать принцип изотермической недостижимости?
26. Является ли энтропия аддитивной величиной и почему?
27. Какой вид имеет основное уравнение (неравенство термодинамики)?
28. Второе начало термодинамики для неравновесных необратимых процессов?
29. Почему недостижим абсолютный нуль температуры?
30. В чем заключается метод циклов?
31. В чем заключается метод термодинамических потенциалов?
32. Какие недостатки имеет метод циклов?
33. Написать выражение дифференциала внутренней энергии, как функции S и V ?
34. Написать выражение для dF , где F является функцией V, T .
35. Написать выражение для dH , где энтальпия H является функцией S и P
36. Написать выражение для $d\Phi$, где Φ является функцией P, Γ .
37. Написать выражение для $d\Omega$, где большой термодинамический потенциал Ω является функцией T, V и химического потенциала μ .
38. Что такое химический потенциал μ ?
39. Написать условия равновесия для изолированной системы.
40. Условие равновесия для системы в термостате ($T = const, V = const, N = const$).
41. Условия равновесия для системы в термостате с постоянным внешним давлением ($T = const, P = const, N = const$).
42. Условия равновесия системы с переменным числом частиц при ($T = const, P = const, \mu = const$).

43. Условие равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
44. Условие устойчивости равновесия однородной системы.
45. Написать выражение для матрицы устойчивости.
46. Написать соотношение между производными термодинамических величин.
47. Какие фазовые переходы называются первого(второго) рода?
48. Написать уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов первого рода.
49. Написать уравнение Эренфеста для фазовых переходов второго рода.
50. Найти выражение для разности $C_p - C_v$ при сверхпроводящем переходе в случае отсутствия магнитного поля.
51. Поведение теплоемкости системы при сверхпроводящем фазовом переходе.
52. Написать разложение термодинамического потенциала в ряд по степеням параметра порядка η .
53. Скачок теплоемкости при фазовом переходе второго рода в теории Ландау.
54. Недостатки теории фазовых переходов Ландау.
55. Критическое состояние вещества и понятие о критических индексах.

7.2.1. Перечень вопросов к зачету.

1. Исходные положения термодинамики.
2. Гомогенные и гетерогенные системы.
3. Внутренняя энтропия, работа, теплота, теплоемкость.
4. Термические и калорическое уравнения.
5. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
6. Обратимые и необратимые процессы.
7. Второе начало термодинамики и его исходная формулировка.
8. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости.
9. Энтропия и ее математическое обоснование.
10. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики.
11. Методы термодинамики.
12. Метод термодинамических потенциалов. Соотношения между производными термодинамических величин.
13. Системы с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал.
14. Химический потенциал.
15. Общие условия термодинамического равновесия.
16. Матрица устойчивости.
17. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
18. Принцип Ле-шетелье.
19. О существовании состояний с отрицательной температурой.
20. Парадокс Гиббса.
21. Термодинамика плазмы.
22. Фазовые переходы и их классификация.
23. Фазовые переходы I-первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
24. Фазовые переходы II-первого рода. Уравнение Эренфеста.
25. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние.
26. Критические явления.
27. Понятие о критических индексах.

7.2.1. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.

1. Уравнение адиабаты имеет вид:

1) $PT^\gamma = const$, 2) $PT^\gamma = const$, 3) $SV^\gamma = const$, 4) $PV^{-\gamma} = const$, 5) $VP^{-\gamma} = const$.

2. Пользуясь свойствами якобианов можно получить:

1) $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = \frac{C_V}{C_P} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$, 2) $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = \frac{C_P}{C_V} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$, 3) $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = \frac{C_P}{\partial V} \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$,

4) $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = \frac{C_P}{C_V} \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S$, 5) $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = \frac{C_V}{C_P} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_V$.

3. Что означает аддитивная термодинамическая величина.

- 1) величина, которая сохраняется.
- 2) величина, которая зависит от числа частиц системы.
- 3) величина, которая уменьшается при уменьшении количества вещества
- 4) величина, которая изменяется во столько раз, во сколько изменяется количество вещества.
- 5) величина, которая определяет стационарное состояние системы.

4. Гетерогенные системы это:

- 1) системы, которые состоят из одинаковых тел, которые находятся в различных состояниях.
- 2) системы, состоящие из нескольких однородных или гомогенных тел, таких что внутри систем имеются разрывы непрерывности в изменении их свойств.
- 3) системы, состоящие из нескольких однородных тел, так что внутри систем нет разрыва непрерывности в изменении их свойств.
- 4) системы, свойства которых не меняются при изменении внутренних параметров.
- 5) системы, внутри которых свойства изменяются непрерывно при переходе от одного места к другому.

5. Уравнение второго начала термодинамики имеет вид:

1) $\delta Q = dE + \delta A$, 2) $\delta Q = TdS$, 3) $\delta Q = dE + \sum_i A_i da_i$, 4) $C_P - C_V = \nu R$,

5) $TdS = dE + \sum_i A_i da_i$

6. Основное неравенство термодинамики записывается в виде:

1) $TdS > dE + \sum_i A_i da_i$, 2) $TdS \leq dE + \sum_i A_i da_i$, 3) $\delta Q \geq dE + \delta A$,

4) $TdS \geq dE - \delta A$, 5) $TdS \geq dE + PV$.

7. Внутренняя энергия является термодинамическим потенциалом в переменных: 1) P, V 2) P, T 3) S, T 4) S, V 5) S, P .

8. Имеет место соотношение между производными термодинамических величин:

1) $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_S$, 2) $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P$, 3) $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V$, 4) $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$.

9. Можно написать, что:

$$1) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T, \quad 2) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T, \quad 3) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial P}{\partial S} \right)_T,$$

$$4) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T, \quad 5) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T.$$

10. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для энергии имеет вид:

$$1) E = F - T \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V, \quad 2) E = F + T \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V, \quad 3) E = F - \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_P, \quad 4) E = F + \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_P,$$

$$5) E = F - \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V.$$

11. Можно показать, что:

$$1) \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V, \quad 2) \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V, \quad 3) \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = \frac{\partial^2 P}{\partial T^2},$$

$$4) \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = T \frac{\partial^2 V}{\partial T^2}, \quad 5) \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = T \frac{\partial^2 P}{\partial T^2}.$$

12. Определить уравнение адиабаты для газа Ван-дер-Ваальса

$$1) (V - b) \exp\left(-\frac{C_V}{T}\right) = const, \quad 2) (V - b)^R \exp\left(-\int_0^T \frac{C_V}{T}\right) = const,$$

$$3) (V - b)^R \exp\left(-\frac{E}{T}\right) = const, \quad 4) (V - b)^R \exp(-C_V) dT = const,$$

$$5) (V - b)^R \exp\left(-\int_0^T \frac{C_V}{T}\right) dT = const.$$

13. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы записывается в виде:

$$1) S = S' + S'', \quad 2) S_1 = S_2, \quad 3) T_1 = T_2, \quad 4) P_1 = P_2, \quad \mu_1(P, T) = \mu_2(P, T)$$

14. Матрица устойчивости равновесия имеет вид:

$$1) \begin{vmatrix} \Delta T & \Delta S \\ \Delta V & \Delta P \end{vmatrix} > 0, \quad 2) \begin{vmatrix} \Delta T & \Delta P \\ \Delta V & \Delta S \end{vmatrix} > 0, \quad 3) \begin{vmatrix} \Delta T & \Delta S \\ \Delta V & \Delta P \end{vmatrix} < 0, \quad 4) \begin{vmatrix} \Delta T & \Delta P \\ \Delta S & \Delta V \end{vmatrix} < 0, \quad 5) \begin{vmatrix} \Delta S & \Delta T \\ \Delta E & \Delta P \end{vmatrix} > 0$$

15. Можно написать соотношение.

$$1) \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P, \quad 2) \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P, \quad 3) \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P,$$

$$4) \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = - \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P, \quad 5) \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = T \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V$$

16. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса имеет вид:

$$1) \frac{dP}{dT} = \frac{S_2 - S_1}{P_2 - P_1}, \quad 2) \frac{dP}{dT} = \frac{S_2 - S_1}{V_2 - V_1}, \quad 3) \frac{dP}{dT} = \frac{g_2 - g_1}{S_2 - S_1}, \quad 4) \frac{dP}{dT} = T \frac{g_2 - g_1}{S_2 - S_1},$$

$$5) \frac{dP}{dT} = T \frac{S_2 - S_1}{g_2 - g_1}.$$

17. Работа на единицу объема изотропного магнетика, совершаемая при изменении в нем индукции поля, равна:

$$1) \delta A = \frac{1}{4\pi} (\vec{H} d\vec{B}), \quad 2) \delta A = \frac{1}{4\pi} (\vec{B} d\vec{H}), \quad 3) \delta A = -\frac{1}{4\pi} (\vec{H} d\vec{B}),$$

$$4) \delta A = -\frac{1}{4\pi} (\vec{B} d\vec{H}), \quad 5) \delta A = (\vec{B} d\vec{H}).$$

18. Химический потенциал μ можно определить как:

$$1) \mu = \left(\frac{\partial E}{\partial N} \right)_{P,S} \quad 2) \mu = \left(\frac{\partial E}{\partial N} \right)_{V,T} \quad 3) \mu = \left(\frac{\partial E}{\partial N} \right)_{S,V} \quad 4) \mu = \left(\frac{\partial E}{\partial N} \right)_{P,S} \quad 5) \mu = \left(\frac{\partial E}{\partial N} \right)_{S,T}$$

19. Химический потенциал это есть:

- 1) энергия, приходящая на единицу объема системы.
- 2) термодинамический потенциал, приходящаяся на одну частицу системы из одинаковых частиц.
- 3) энергия, отнесенная к одной частице любой системы.
- 4) внутренняя энергия, отнесенная к частицам системы.
- 5) термодинамический потенциал, отнесенный ко всей системе.

20. Под фазовым переходом 2 рода мы понимаем:

- 1) переход, при котором скачкообразно изменяется теплоемкость системы, а коэффициент теплового расширения нет.
- 2) переход, при котором скачкообразно изменяется первые производные термодинамического потенциала.
- 3) переход, при котором скачкообразно изменяется как первые, так и вторые производные термодинамического потенциала.
- 4) переход, при котором скачкообразно изменяется объем системы.
- 5) переход, при котором скачкообразно изменяется как энтропия, так и объем.

21. Под фазовым переходом 1 рода понимается.

- 1) переход из жидкого состояния в газообразное при температуре кипения.
- 2) переход из твердого состояния в жидкое при точке плавления.
- 3) переход, при котором скачкообразно изменяется энтропия системы.
- 4) переход, при котором скачкообразно изменяются первые производные термодинамического потенциала Φ .
- 5) переход, при котором скачкообразно изменяются вторые производные энтропии системы.

22. Пользуясь свойствами Якобианов можно получить

$$1) \quad 1) \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = T \left(\frac{\partial V}{\partial S} \right)_P, \quad 2) \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_P}{C_V} \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T, \quad 3) \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_V}{C_P} \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T, \quad 4) \\ \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_P}{C_V} \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T.$$

23. Модуль упругости определяется как:

$$1) K = \frac{\partial P}{\partial V}, \quad 2) K = -\frac{\partial P}{\partial V}, \quad 3) K = -V \frac{\partial P}{\partial V}, \quad 4) K = \frac{\partial V}{\partial P}, \quad 5) K = -\frac{\partial V}{\partial P}.$$

24. Уравнение первого начала термодинамики записывается в виде:

$$1) Q = U + A, \quad 2) \delta Q = \delta U + \delta A, \quad 3) \delta Q = dU + dA, \quad 4) \delta Q = dU + \delta A, \quad 5) \delta Q = dU - \delta A$$

25. Вычислить $C_P - C_V$ для газа Ван-дер-Ваальса

$$1) \frac{R}{1 - 2a(V - b)^2} \setminus RTV^3, \quad 2) \frac{R}{1 - 2a(V - b)^2}, \quad 3) \frac{R}{2a(V - b)^2} RTV^3, \quad 4) \frac{R}{1 - 2a(V - b)^3}, \quad 5) \\ \frac{RTV^3}{2a(V - b)^2}.$$

26. Какова связь между Ω и F ?

$$1) \Omega = F + PV, \quad 2) \Omega = F - PV, \quad 3) \Omega = F + \mu N, \quad 4) \Omega = F - \mu N, \\ 5) \Omega = F + TS.$$

27. Большой термодинамический потенциал является функцией переменных.

$$1) T, P, \mu, \quad 2) T, V, N, \quad 3) T, V, \mu, \quad 4) T, S, \mu, \quad 5) T, S, N.$$

28. Показать, что в системе с $S = const$ и $P = const$ равновесие наступает:

$$1) \text{ при минимуме } H, \quad 2) \text{ при максимуме } H, \quad 3) \text{ при минимуме } E, \quad 4) \text{ при максимуме } E, \quad 5) \text{ при минимуме } \Phi.$$

29. Элементарная работа на единицу объема диэлектрика, совершаемая при движении зарядов, создающих в нем поле, равно

$$1) \delta A = \frac{1}{4\pi} (\vec{D}, d\vec{E}), \quad 2) \delta A = -\frac{1}{4\pi} (\vec{E}, d\vec{D}), \quad 3) \delta A = \frac{1}{4\pi} (\vec{E} + \vec{D}), \\ 4) \delta A = \frac{1}{4\pi} (\vec{E}, d\vec{D}), \quad 5) \delta A = -\frac{1}{4\pi} (\vec{E} + \vec{D}).$$

30. Энтропия системы является:

- 1) функций состояния системы,
- 2) функций процесса,
- 3) характеристика равновесия системы,
- 4) определяет устойчивое равновесие системы,
- 5) определяют состояние системы.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,
- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Комаров А.А. Термодинамика и статистическая физика. Руководство к решению задач. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Комаров. — Электрон. текстовые данные. — Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2013. — 110 с. — 978-601-247-536-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59892.html> (12.10.2018)
2. Михнев Л.В. Термодинамика и статистическая физика [Электронный ресурс] : практикум / Л.В. Михнев, Е.А. Бондаренко. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 125 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69442.html> (12.10.2018)
3. Зоммерфельд Арнольд Термодинамика и статистическая физика [Электронный ресурс] / Арнольд Зоммерфельд. — Электрон. текстовые данные. — Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2002. — 480 с. — 5-93972-178-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17666.html> (12.10.2018)

4. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 1. Теория равновесных систем. Термодинамика Т 1. Изд-во: Либроком. 2012 г.
5. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 2. Теория равновесных систем. Статистическая физика. Изд-во: Эдиториал УРСС. 2010 г.
6. Базаров И.П. Термодинамика. Изд-во: Лань. 2010 г.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика ч.1 М.: Физматлит, 2010 г.

б) дополнительная литература:

1. Кубо Р. Статистическая механика. Современный курс с задачами и решениями. Изд-во: КомКнига. 2007 г.
2. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 3: Теория неравновесных систем. Изд-во: Эдиториал УРСС. 2011 г.
3. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 4: Квантовая статистика. Изд-во: КомКнига. 2010 г.
4. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Изд-во НГУ, Сиб. ун-в. изд-во, 2001. - 608 с.
5. Караваяев Г. Ф., Герасимов В. В. Основы термодинамики и статистической физики в задачах с решением. Изд-во: Феникс. 2012 г.
6. Варикаш В.М., Болсун А.И., Аксенов В.В. Сборник задач по статистической физике. Изд-во: Эдиториал УРСС. 2011 г.
7. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Задачи по термодинамике и стат. физике, М.: изд. «Высшая школа», 1997
8. Гладков С. О. Сборник задач по теоретической и математической физике Изд-во: ФИЗМАТЛИТ. 2010 г.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017 г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
4. Доступ к электронной библиотеке на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)

5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
6. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
8. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
9. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
10. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
11. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
12. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
13. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

Также по данной дисциплине подготовлен электронный курс лекций, который будет в скором времени размещен на сайте ДГУ.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.