

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика и статистическая физика

Кафедра теоретической и вычислительной физики,

Образовательная программа бакалавриата

03.03.02 Физика

Направление (профили) программы

Фундаментальная физика, Медицинская физика

Форма обучения

очная

Статус дисциплины:

Входит в обязательную часть ОПОП

Махачкала 2022

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» от « 7 » августа 2020г. № 891. _____

Разработчик: кафедра теоретической и вычислительной физики Хизриев Камал Шахбанович к.ф.-м.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры 21 марта 2022г., протокол №7.

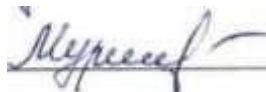
Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол №7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим управлением « 31» марта 2022г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» входит в обязательную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и вычислительной 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:

УК-11, ОПК-1, ПК-3, ПК-7

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 экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС , в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		Всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
8	144	96	48	-	48			12/36	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Термодинамика и статистическая физика - 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 обязательную 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:

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-11. Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению	Б-УК-11.1. знаком с действующими правовыми нормами, обеспечивающим и борьбу с коррупцией в различных областях жизнедеятельности; со способами профилактики коррупции и формирования нетерпимого отношения к ней.	Знает: правовые категории, терминологию, современного законодательства в сфере противодействия коррупции. Умеет: анализировать факторы, способствующие коррупционным проявлениям, а также способы противодействия им. Владеет: достаточным уровнем профессионального сознания	
	Б-УК-11.2. предупреждает коррупционные риски в профессиональной деятельности; исключает вмешательство в свою профессиональную деятельность в случаях склонения к коррупционным правонарушениям	Знает: правовые и организационные основы противодействия коррупции; Умеет: принимать обоснованные управленческие и организационные решения и совершать иные действия в точном соответствии с законодательством в сфере противодействия коррупции; Владеет: навыками применения основ теории права в различных его отраслях, направленных на противодействие коррупции	

	<p>Б-УК-11.3. взаимодействует в обществе на основе нетерпимого отношения к коррупции.</p>	<p>Уметет: проявлять нетерпимость к коррупционному поведению, уважительно относиться к праву и закону. Владеет: навыками методики поиска, анализа и использования нормативных и правовых документов, направленных на противодействие коррупции, в своей профессиональной деятельности.</p>	
<p>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико- математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира</p>	<p>Знает: физико- математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники. Умеет: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно- техническую литературу с учетом зарубежного опыта. Владеет: навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</p>	<p>Письменный опрос</p>

	<p>ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает: основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; - новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет: навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	
	<p>ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.</p>	<p>Знает: основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы.</p> <p>Умеет: выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата.</p> <p>Владеет: - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.</p>	

ПК-3. Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности	ПК-3.1. Использует теоретические и практические знания для постановки и решения педагогических задач в предметной области и в области образования	Знает: содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, методика преподавания предмета.)	Разноуровневые задачи и задания
	ПК-3.2. Способен соотносить основные этапы развития предметной области с ее актуальными задачами, методами и концептуальными подходами, тенденциями и перспективами ее современного развития		
	ПК-3.3. Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области, анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций	Умеет: анализировать базовые предметные научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов. Владеет: навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач.	

ПК-7. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики смежных с физикой науках	ПК-7.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований	Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-	Устный опрос, письменный опрос

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы - 144 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

			Не	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятельно	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям)
--	--	--	----	---	-----------------------	--

	Раздел дисциплины			Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Контроль самост. раб.		семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
Модуль 1. Основные понятия термодинамики.									
1.	Основные понятия и исходные положения термодинамики.	7		2	2	-	-	2	опрос

	Гомогенные и гетерогенные системы. Внутренняя энергия, работа, теплота, теплоемкость.								
2.	Термические и калорическое уравнения состояния. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Обратимые и необратимые процессы.			2	2	-	-	2	опрос
3.	Второе начало термодинамики. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости. Энтропия.			4	4	-	-	2	опрос
4.	Методы термодинамики. Термодинамические потенциалы. Соотношения между производными термодинамических величин.			2	2	-	-	2	опрос
5.	Химический потенциал. Системы с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал.			3	3		-	4	опрос
Итого по модулю 1				12	12			12	КОЛЛОКВИУМ
Модуль 2. Условия равновесия систем и фазовые переходы.									
1.	Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Матрица устойчивости. Условия равновесия двухфазной	7		2	2			2	опрос

	однокомпонентной системы.								
2.	Принцип Ле-шателье. Парадокс Гиббса.			2	2			2	опрос
3.	Состояния с отрицательной температурой. Термодинамика и статистическая физика плазмы.			2	2			2	опрос
4.	Фазовые переходы и их классификация. Фазовые переходы I-рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.			2	2				опрос
5.	Фазовые переходы II-рода. Уравнения Эренфеста. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние.			2	2			2	опрос
6.	Критические явления. Критические индексы.			2	2	-	-	4	опрос
Итого по модулю 2				12	12	-	-	12	Модуль
Модуль 1. Основные положения и общие методы статистической физики									
1.	Статистические ансамбли и функции распределения	8		2	2			2	опрос
2.	Микроканоническое распределение			2	2			2	опрос
3.	Статистический вес и энтропия. Каноническое распределение Гиббса			2	2			2	опрос
4.	Статистическая сумма и свободная энергия			2	2				опрос
5.	Большое каноническое распределение, большая стат. сумма и термодин. потенциал.			2	2			2	опрос
6.	Распределение Максвелла			2	2	-	-	4	опрос
Итого за 3 модуль				12	12	-	-	12	
Модуль 4. Статистическая теория идеальных и неидеальных систем.									

1	Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака			4	4			4	опрос
2	Ферми и Бозе-газы элементарных частиц			2	2			2	опрос
3	Система невзаимодействующих осцилляторов			2	2			2	опрос
4	Теория теплоемкости твердых тел			2	2				опрос
5	Системы с ограниченным спектром энергии			2	2			4	опрос
	<i>Итого по модулю</i>			12	12			12	
	ИТОГО	8		48	48			12/36	

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 калорическое 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 Лешателье. Термодинамика и статистическая физика 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..

Модуль 3. Основные положения и общие методы статистической физики.

Статистические ансамбли и функции распределения. Статистическое усреднение. Чистые и смешанные квантовые состояния. Матрица плотности. Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и свободная энергия. Большое каноническое распределение. Большой термодинамический потенциал. Квазиклассический переход к статическому интегралу. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана. Равномерное распределение кинетической энергии по степеням свободы.

Модуль 4. Статистическая теория идеальных и неидеальных систем.

Статистическая теория идеальных систем.

Идеальный одноатомный газ. Ограничения на значения чисел заполнения. Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Ферми-газ при низких температурах. Электронный газ в металлах. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Релятивистский вырожденный ферми-газ. Система невзаимодействующих осцилляторов. Равновесное излучение и формула Планка. Теория Эйнштейна и Дебая теплоемкости твердых тел. Теория теплоемкости невырожденного многослойного газа с учетом внутримолекулярных движений: вращений, колебаний. Системы с ограниченным спектром энергии.

Статистическая теория неидеальных систем

Неидеальный классический одноатомный газ. Вириальное разложение. Системы с кулоновским взаимодействием. Свободная энергия плазмы. Система Изинга. Понятие о ближнем и дальнем порядке. Термодинамическая теория флуктуаций. Флуктуации основных термодинамических величин. Статистическая теория флуктуаций.

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 контролируемые 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.
Основные уравнения и законы термодинамики	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.
Второе начало термодинамики для равновесных процессов	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.

Второе начало термодинамики для неравновесных процессов	Суметь показать различие между основными уравнениями термодинамики для равновесных и неравновесных процессов. Выяснить что такое изолированная и адиабатно изолированная системы.
Методы термодинамики	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.
Условия равновесия и устойчивости	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
Термодинамика и статистическая физика магнетиков и диэлектриков.	Получить выражение для свободной энергии диэлектрика в электрическом поле. Основное уравнение термодинамики для магнетиков и диэлектриков.
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. 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.
 1. Что такое статистический ансамбль.
 2. Статистическое усреднение.
 3. Что такое фазовая траектория?
 4. Что такое статистические закономерности?
 5. Показать роль энергии при микроскопическом распределении системы и выводе микроканонического распределения.
 6. Основные свойства энтропии.
 7. Связь между энтропией и статистическим весом.
 8. Как понимать нормировку функции распределения?
 9. Чем отличается условие нормировки квантовом и классическом случаях?
 10. Какой вид имеет распределения Максвелла?
 11. Найти значение средней кинетической энергии атома, используя распределение Максвелла.
 12. Вычислить интеграл $\int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x_n dx$.
 13. Суметь получить распределение Максвелла из распределения вероятностей для осциллятора.
 14. Связь статистической суммы и свободной энергии.
 15. Написать выражение для большого термодинамического потенциала.
 16. Написать выражение для распределения Больцмана.
 17. Написать выражение распределения Больцмана в классической статистике.
 18. Как записывается уравнение состояния идеального газа?
 19. Написать выражение термодинамического потенциала для идеального газа.
 20. Написать выражения для свободной энергии идеального газа.
 21. Получить разность удельных теплоемкостей $C_p - C_v$ для идеального газа.
 22. Выражение термодинамического потенциала для идеального газа с постоянной теплоемкостью.
 23. Что означает закон равномерного распределения кинетической энергии по степеням свободы?
 24. Получить выражение для свободной энергии одноатомного идеального газа.
 25. Какие ограничения накладываются на значения чисел заполнения для одноатомного идеального газа.
 26. Как осуществляется квазиклассический переход от статистической суммы к статистическому интегралу?
 27. Рассмотреть двухатомный газ с учетом вращения молекул.

28. Уметь получить выражение для колебательной теплоемкости двухатомной молекулы.
29. Как влияет электронный момент на свободную энергию двухатомного газа?
30. Какой вид имеет выражение термодинамического потенциала Ω в распределении Ферми-Дирака?
31. Выражение термодинамического потенциала Ω в случае распределения Бозе-Эйнштейна.
32. Написать выражение для dN_z в случае Ферми, Бозе-газов элементарных частиц.
33. Какова связь химического потенциала μ и энергии Ферми, при $T = 0$?
34. Написать условие для вырождения Ферми газа.
35. Получить выражение для большого термодинамического потенциала вырожденного электронного газа.
36. Теплоемкость вырожденного электронного газа.
37. Как вычисляется интеграл вида $\int_0^{\infty} \frac{z^{x-1}}{e^z - 1} dz$?
38. Что такое релятивистский вырожденный электронный газ?
39. Какова связь между Ω и энергией релятивистского электронного газа?
40. Что такое температура вырождения бозе-газа?
41. Получить выражение для теплоемкости вырожденного бозе-газа.
42. Определить связь между свободной энергией и энергией E вырожденного электронного газа.
43. Чем объяснить, что отклонения свойств идеального газа элементарных частиц от классических при понижении температуры ведут в статистике Ферми к увеличению, а в статистике Бозе к уменьшению давления по сравнению с его значением в обычном газе.
44. Как вычислить интеграл $\int_0^{\infty} \frac{z^{x-1} dx}{e^z - 1}$?
45. Получить формулу Релея-Джинса.
46. Получить формулу Вина для черного излучения.
47. Какой вид имеет распределение Гаусса?
48. Рассмотреть флуктуацию основных термодинамических величин и показать статистическую независимость флуктуаций температуры и объема.
49. Получить выражение для средних квадратов флуктуаций температуры и объема.
50. Получить выражение для среднего квадрата флуктуаций числа частиц системы.

51. Получить выражение для средней квадратичной флуктуации числа частиц, находящихся в $k - \mu$ квантовом состоянии.

7.1.1. Перечень вопросов к экзамену

1. Понятие о фазовом пространстве.
2. Функции статистического распределения.
3. Что означает статистическая независимость?
4. Написать выражение для микроканонического распределения.
5. Какой основной физический смысл энтропии?
6. Статистический вес и его основной смысл.
7. Написать выражения для канонического распределения Гиббса.
8. Написать выражение для распределения вероятностей осциллятора.
9. Статистическая сумма.
10. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
11. Большая статистическая сумма и ее выражение.
12. Получить выражение свободной энергии и энтропии для идеального газа с постоянной теплоемкостью.
13. Рассмотреть двухатомный газ и показать влияние колебания атомов на энергетический спектр.
14. Написать выражение для распределения Ферми-Дирака.
15. Чем отличается распределение Бозе-Эйнштейна от распределения Ферми-Дирака?
16. Какой вид имеет выражения для Ω в случае Ферми и Бозе-газов элементарных частиц?
17. Исходные положения термодинамики.
18. Гомогенные и гетерогенные системы.
19. Внутренняя энтропия, работа, теплота, теплоемкость.
20. Термические и калорическое уравнения.
21. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
22. Обратимые и необратимые процессы.
23. Второе начало термодинамики и его исходная формулировка.
24. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости.
25. Энтропия и ее математическое обоснование.
26. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики.
27. Методы термодинамики.
28. Метод термодинамических потенциалов. Соотношения между производными термодинамических величин.
29. Системы с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал.
30. Химический потенциал.

31. Общие условия термодинамического равновесия.
32. Матрица устойчивости.
33. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
34. Принцип Ле-Шетелье.
35. О существовании состояний с отрицательной температурой.
36. Парадокс Гиббса.
37. Термодинамика и статистическая физика плазмы.
38. Фазовые переходы и их классификация.
39. Фазовые переходы I-первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
40. Фазовые переходы II-первого рода. Уравнение Эренфеста.
41. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние.
42. Критические явления.
43. Понятие о критических индексах.

7.1.2. 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:

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

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

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:

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

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

6. Основное неравенство термодинамики записывается в виде:

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

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

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:

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

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:

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

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

11. Можно показать, что:

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_P}{C_V} \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T.$$

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

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

26. Какова связь между Ω и F ?

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

27. Большой термодинамический потенциал является функцией переменных.

- 1) T, P, μ , 2) T, V, N , 3) T, V, μ , 4) T, S, μ , 5) T, S, N .

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

- 1) при минимуме H , 2) при максимуме H , 3) при минимуме E , 4) при максимуме E , 5) при минимуме Φ .

29. Элементарная работа на единицу объема диэлектрика, совершаемая при

движении зарядов, создающих в нем поле, равно

$$1) \delta A = \frac{1}{4\pi} (D, dE), 2) \delta A = -\frac{1}{4\pi} (E, dD), 3) \delta A = \frac{1}{4\pi} (E + D),$$

$$4) \delta A = \frac{1}{4\pi} (E, dD), 5) \delta A = -\frac{1}{4\pi} (E + D).$$

30. Энтропия системы является:

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

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:

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

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

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

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

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:

$$1) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_T, \quad 2) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V, \quad 3) \left(\frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = \frac{\partial^2 P}{\partial T^2}, \\ 4) \left(\frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = T \frac{\partial^2 V}{\partial T^2}, \quad 5) \left(\frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = T \frac{\partial^2 P}{\partial T^2}.$$

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

$$1) (V-b) \exp \left(- \frac{rC}{T} \right) = const, \quad 2) (V-b) \exp \left(- \int \frac{v}{T} \right) = const, \\ 3) (V-b)^R \exp \left(- \frac{E}{T} \right) = const, \quad 4) (V-b)^R \exp(-C) dT = const, \\ 5) (V-b)^R \exp \left(- \int \frac{v}{T} \right) dT = const.$$

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:

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

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

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

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

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

18. Химический потенциал μ можно определить как:

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

19. Химический потенциал это есть:

- 6) энергия, приходящая на единицу объема системы.
- 7) термодинамический потенциал, приходящаяся на одну частицу системы из одинаковых частиц.
- 8) энергия, отнесенная к одной частице любой системы.
- 9) внутренняя энергия, отнесенная к частицам системы.
- 10) термодинамический потенциал, отнесенный ко всей системе.

20. Под фазовым переходом 2 рода мы понимаем:

- 6) переход, при котором скачкообразно изменяется теплоемкость системы, а коэффициент теплового расширения нет.
- 7) переход, при котором скачкообразно изменяются первые производные термодинамического потенциала.
- 8) переход, при котором скачкообразно изменяется как первые, так и вторые производные термодинамического потенциала.
- 9) переход, при котором скачкообразно изменяется объем системы.
- 10) переход, при котором скачкообразно изменяется как энтропия, так и объем.

21. Под фазовым переходом 1 рода понимается.

- 6) переход из жидкого состояния в газообразное при температуре кипения.

- 7) переход из твердого состояния в жидкое при точке плавления.
 8) переход, при котором скачкообразно изменяется энтропия системы.
 9) переход, при котором скачкообразно изменяются первые производные термодинамического потенциала Φ .
 10) переход, при котором скачкообразно изменяются вторые производные энтропии системы.

22. Пользуясь свойствами Якобианов можно получить

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

$$4) \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_p \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T}{C_v \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_T}.$$

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

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

26. Какова связь между Ω и F ?

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

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

$$1) \frac{1}{4\pi} (D, dE), \quad 2) A = -\frac{1}{4\pi} (E, dD), \quad 3) \delta A = \frac{1}{4\pi} (E + D),$$

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

30. Энтропия системы является:

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

7.2. 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. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика и статистическая физика. Том 1. Теория равновесных систем. Термодинамика и статистическая физика Т 1. Изд-во: Либроком. 2012 г.
2. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика и статистическая физика. Том 2. Теория равновесных систем. Статистическая физика. Изд-во: Эдиториал УРСС. 2010 г.
3. Базаров И.П. Термодинамика и статистическая физика. Изд-во: Лань. 2010 г.
4. 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 и статистическая физика. Том 3: Теория неравновесных систем. Изд-во: Эдиториал УРСС. 2011 г.
3. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика и статистическая физика. Том 4: Квантовая статистика. Изд-во: КомКнига. 2010 г.
4. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика и статистическая физика, статистическая физика и кинетика. Изд-во НГУ, Сиб.унив.изд-во, 2001. - 608 с.
5. Караваев Г. Ф., Герасимов В. В. Основы термодинамики и статистической физики в задачах с решением. Изд-во: Феникс. 2012 г.
6. Врикаш 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 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 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 обучением: [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 библиотеки 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.