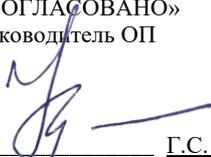




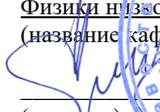
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


Г.С. Крайнова
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)
«15» сентября 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
Физики низкоразмерных структур
(название кафедры)


Саранин А. А.
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
«15» сентября 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика и статистическая физика

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Форма подготовки очная

курс 4, семестр 7
лекции 36 час.
практические занятия 36 час.
лабораторные работы 0 час.
в том числе с использованием МАО лек.4 /пр. 18 час.
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.
в том числе с использованием МАО 18 час.
самостоятельная работа 36 час.
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.
контрольные работы 7 семестр
курсовая работа / курсовой проект нет
зачет нет
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 №12-13-235.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики, протокол №1 от «15» сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой Саранин А. А.
Составитель Гой А.А.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Bachelor's degree in 03.11.04 Electronics and Nanoelectronics

Course title: Thermodynamics and statistical physics

Basic part of Block 1, 3 credits

Instructor: Goy A.A.

At the beginning of the course a student should be able to:

- ability to self-organization and self-education (GC-7);
- the ability to search, store, process and analyze information from various sources and databases, to present it in the required format using information, computer and network technologies (GPC-6);
- the ability to use computer skills, master the methods of information technology, comply with the basic requirements of information security (GPC-9).

Learning outcomes:

- the ability to present a scientific picture of the world that is adequate to the modern level of knowledge based on the knowledge of the basic principles, laws and methods of the natural sciences and mathematics (GPC-1);
- the ability to identify the natural-scientific essence of the problems arising in the course of professional activity, to attract to solve them the corresponding physical and mathematical apparatus (GPC-2);
- readiness to analyze and systemize research results, to present materials in the form of scientific reports, publications, presentations (PC-3).

Course description: This course is based on the material of the courses "Theoretical Mechanics", "Electrodynamics" and "Quantum Theory". The mathematical basis of the course is the main sections of the course of mathematics (mathematical analysis, linear algebra, vector and tensor analysis, differential and integral equations, calculus of variations, probability theory and mathematical statistics).

The lecture course consists of three sections "Thermodynamics", "Classical Statistics" and "Quantum Statistics", each of which is complemented by practical exercises - solving problems in this material.

The course "Thermodynamics and Statistical Physics" provides the basis for all further education of a student in nanophysics. It introduces the basic methods of theoretical description of many-particle systems (macrosystems), qualitative and quantitative analysis of equilibrium states and processes used in various branches of physics (condensed state theory, astrophysics, nuclear physics, etc.).

The purpose of the course: the study of the fundamental principles (principles) of thermodynamics, the basic methods of statistical physics, their application to describe the properties of equilibrium macroscopic systems, equilibrium processes.

Course objectives:

- acquaint students with various methods of thermodynamic description of equilibrium states and processes;
- acquaint students with the methods of classical microscopic description of equilibrium states and processes;

- acquaint students with the methods of quantum microscopic description of equilibrium systems and processes.

Main course literature:

1. Kvasnikov I.A. Termodinamika statisticheskoy fiziki. Tom 1. Teoriya ravновesnykh sistem. Termodinamika [Thermodynamics and statistical physics. Volume 1. Theory of equilibrium systems. Thermodynamics]. M.: Yeditorial URSS, 2002. – 240 p. (rus) Access:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:400003&theme=FEFU>

2. Kvasnikov I.A. Termodinamika statisticheskoy fiziki. T.2: Teoriya ravновesnykh sistem: Statisticheskoy fiziki [Thermodynamics and statistical physics. T.2: Equilibrium Systems Theory: Statistical Physics]. M.: Yeditorial URSS, 2002. – 432 p. (rus).

3. Kvasnikov I.A. Kvantovaya statistika [Quantum Statistics] – Moskva : URSS : Krasand, 2011. – 569 p. (rus). – Access:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:417242&theme=FEFU>

4. Borisonok S.V., Kondrat'yev A.S. Kvantovaya statisticheskoy mekhanika [Quantum statistical mechanics] Fizmatlit, 2011. – 136 p. (rus). – Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2672

5. Ansel'm A. I. Osnovnyye statisticheskoy fiziki I termodinamiki [Basics of statistical physics and thermodynamics] Lan, 2007. – 448 p. (rus). – Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=692

6. Leontovich M. A. Vvedeniye v termodinamiku. Statisticheskoy fiziki [Introduction to Thermodynamics. Statistical physics] Lan', 2008. – 432 p.(rus). – Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=226

7. Kondrat'yev A.S., Raygorodskiy P.A. Zadachi potermo-dinamike, statisticheskoy fizike I kineticheskoy teorii [Problems in thermodynamics, statistical physics and kinetic theory] – Izdatel'stvo: "Fizmatlit", 2007. – 256 p.(rus). – Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2209

Form of final control: exam.

АННОТАЦИЯ

Курс «Термодинамика и статистическая физика» предназначен для студентов очной формы обучения направления подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Трудоёмкость дисциплины – 3 зачетные единицы, 108 академических часов. Данный курс базируется на материалах курсов «Теоретическая механика», «Электродинамика» и «Квантовая теория». Математической основой курса являются основные разделы курса математики (математический анализ, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ, дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление, теория вероятностей и математическая статистика).

Лекционный курс состоит из трех разделов «Термодинамика», «Классическая статистика» и «Квантовая статистика», каждый из которых дополняется практическими занятиями – решением задач по данному материалу.

Курс «Термодинамика и статистическая физика» создает основу для всего дальнейшего обучения студента-нанофизика. В нем вводятся основные методы теоретического описания систем многих частиц (макросистем), качественного и количественного анализа равновесных состояний и процессов, используемых в различных разделах физики (теория конденсированного состояния, астрофизика, ядерная физика и т.д.).

Цель: изучение фундаментальных принципов (начал) термодинамики, основных методов статистической физики, их применение для описания свойств равновесных макроскопических систем, равновесных процессов.

Задачи:

- познакомить студентов с различными методами термодинамического описания равновесных состояний и процессов;
- познакомить студентов с методами классического микроскопического описания равновесных состояний и процессов;
- познакомить студентов с методами квантового микроскопического описания равновесных систем и процессов.

Для успешного изучения дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-7 – способностью к самоорганизации и самообразованию;
- ОПК-6 – способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в

требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;

- ОПК-9 – способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	Знает	<ul style="list-style-type: none"> • начала термодинамики; • основные термодинамические процессы и их уравнения; • основные термодинамические потенциалы открытых и закрытых систем; • основные представления статистической физики: статистические ансамбли и статистические функции распределения; • различные методы статистической физики: канонические распределения Гиббса, частичные функции распределения Боголюбова; • теорию идеальных систем; • свойства бозе- и ферми-газов.
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> • применять методы термодинамики для определения калорических и термических свойств равновесных систем; • получать расчетные формулы для теплоемкостей системы в различных процессах; • применять второе начало термодинамики для расчета КПД идеальных тепловых циклов; • применять метод потенциалов к расчету термодинамики диэлектриков и магнетиков; • применять методы статистической физики к классическим и квантовым макроскопическим системам и давать физическую интерпретацию полученным результатам.
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> • математическим аппаратом дифференциального, интегрального исчисления; • Фурье анализом и аппаратом дифференциальных и интегральных уравнений.
ОПК-2: способность выявлять естествонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для	Знает	<ul style="list-style-type: none"> • основные методы описания неравновесных состояний и процессов – феноменологический (макроскопический) и микроскопический; • основные уравнения, описывающие неравновесные процессы, и границы их применимости.
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> • решать задачи с использованием основных термодинамических методов – метода циклов и

их решения соответствующий физико-математический аппарат.		<p>метода характеристических функций и дифференциальных соотношений;</p> <ul style="list-style-type: none"> решать задачи с использованием метода Гиббса в рамках как квантовой, так и классической статистики.
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> методами расчета физических характеристик макроскопических систем и процессов, используемых во всех разделах теоретической физики; методами физической интерпретации полученных результатов.
ПК-3: готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Знает	<ul style="list-style-type: none"> приёмы работы с программным обеспечением, используемым для представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> самостоятельно анализировать и систематизировать результаты проведённых исследований.
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> методами представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» применяются следующие методы активного и интерактивного обучения:

- проблемные лекции;
- семинар по решению задач в диалоговом режиме;
- коллоквиумы по обсуждению отдельных разделов курса;
- работа с текстом в рамках самостоятельной работы.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Термодинамика (10час.)

Тема 1. Основные понятия термодинамики. Первое начало термодинамики(2 час.)

Предмет изучения и методы термодинамики и статистической физики. Микроскопическое и макроскопическое описание. Термодинамическая

(статистическая) система. Термодинамический контакт. Термодинамическое состояние (равновесие). Причина возникновения процессов в системе.

Тема 2. Первое начало термодинамики (2 час.)

Внутренняя энергия. Внутренняя энергия как однозначная функция состояния термодинамической системы. Количества воздействия, термодинамические координаты и термодинамические силы. Различные формулировки первого начала термодинамики. Полные дифференциалы и величины, зависящие от процесса.

Тема 3. Характеристические функции и дифференциальные соотношения (2 час.)

Калорическое и термические уравнения состояния. Внутренняя энергия как характеристическая функция термодинамической системы. Другие характеристические функции термодинамической системы: свободная энергия, энтальпия и термодинамический потенциал. Дифференциальные соотношения термодинамики и их смысл.

Тема 4. Второе начало термодинамики (2 час.)

Обратимые и необратимые процессы. Принципы Клаузиуса и Томсона, их эквивалентность. Теорема Карно-Клаузиуса. Энтропия как функция состояния. Интеграл Клаузиуса.

Равновесные и неравновесные процессы. Неравновесный теплообмен. Интеграл Клаузиуса для необратимых циклов. Объединение первого и второго начал для равновесных и неравновесных процессов.

Тема 5. Третье начало термодинамики (2 час.)

Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Поведение термодинамических величин при стремлении температуры к абсолютному нулю. Недостижимость абсолютного нуля температуры.

Раздел II. Классическая статистика (10 час.)

Тема 1. Механическая модель макроскопического тела (2 час.)

Механика Лагранжа: обобщенные координаты, функция Лагранжа, уравнения Лагранжа. Механика Гамильтона: канонические переменные, функция Гамильтона, канонические уравнения, фазовое пространство.

Тема 2. Функция статистического распределения (2 час.)

Определения функции распределения: временное и по ансамблю Гиббса. Эргодическая гипотеза. Средние значения физических величин. Нормировка функции распределения. Теорема Лиувилля и статистическая независимость. Функция распределения и аддитивные интегралы движения.

Тема 3. Микроканоническое распределение Гиббса (2 час.)

Функция статистического распределения для изолированных систем. Связь нормировочного делителя с термодинамическими переменными. Метод микроканонического распределения Гиббса.

Тема 4. Каноническое распределение Гиббса (2 час.)

Функция статистического распределения для систем, находящихся в контакте с термостатом. Статистический интеграл, модуль канонического распределения и свободная энергия. Метод канонического распределения Гиббса. Первая лемма Гиббса.

Тема 5. Теоремы о вириале и равномерном распределении кинетической энергии (2 час.)

Теоремы о вириале и равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Теплоёмкость многоатомного газа и твёрдого тела. Равновесное излучение.

Раздел III. Квантовая статистика (16час.)

Тема 1. Квантовая модель макроскопического тела (2 час.)

Волновая функция, уравнение Шредингера, операторы физических величин. Вероятности стационарных состояний, квантовомеханическое среднее и среднее по ансамблю Гиббса.

Матрица плотности: координатное и энергетическое представления. Статистическая матрица, определение средних.

Тема 2. Квантовое каноническое распределение (2 час.)

Условие нормировки и статистическая сумма. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Метод канонического распределения в квантовой статистике.

Тема 3. Равновесное излучение (2 час.)

Линейный гармонический осциллятор: статистическая сумма, средняя энергия и теплоёмкость. Формула Планка, предельный переход к формулам Вина и Релея-Джинса. Калорическое и термическое уравнения состояния.

Тема 3. Статистика твердого тела (2 час.)

Теория теплоемкости твердого тела Эйнштейна. Теория теплоемкости твердого тела Дебая. Калорическое уравнение состояния. Термическое уравнение состояния. Параметр Грюнейзена, соотношение Грюнейзена.

Тема 4. Теплоемкость многоатомных газов (проблемная лекция, 4час.)

Гамильтониан многоатомного газа, выделение степеней свободы различной природы. Теорема о вкладе степени свободы в теплоемкость. Критическая температура. Поступательные степени свободы. Квантовый ротатор: гамильтониан, энергетические уровни, волновые функции, фактор вырождения. Переход в формулах для энергии и теплоемкости к безразмерным единицам. Вращательные степени свободы. Колебательные степени свободы. Электронные степени свободы. Зависимость теплоемкости многоатомного газа от температуры.

Тема 5. Квантовая механика и статистика систем тождественных частиц (2 час.)

Многочастичное и одночастичное уравнения Шредингера. Энергетические уровни многочастичной системы. Числа заполнения. Построение волновых функций многочастичных систем бозонов и фермионов. Факторы вырождения.

Каноническое и большое каноническое распределения Гиббса в терминах одночастичных энергий и чисел заполнения. Средние числа заполнения. Распределения Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака и Больцмана.

Тема 6. Химический потенциал (2 час.)

Плотность уровней идеального одноатомного газа. Условие нормировки для средних чисел заполнения. Активность и химический потенциал классического идеального газа.

Поправки к химическому потенциалу слабо вырожденных бозе- и ферми газов. Критерий вырождения. Распределение Ферми-Дирака при низких температурах. Энергия Ферми. Химический потенциал сильно вырожденного ферми-газа.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (36час.)

Раздел I. Термодинамика (10 час.)

Занятие 1. Коллоквиум «Метод циклов»(2час.)

Циклические процессы. Прямой цикл Карно для идеального газа. Обратный цикл Карно. Тепловой двигатель, холодильник, тепловой насос. Приведенные теплоты.

Занятие 2. Коллоквиум «Термодинамика систем с переменным числом частиц» (4час.)

Химический потенциал. Зависимость термодинамических функций от числа частиц. Большой термодинамический потенциал.

Гетерогенные системы. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Классификация фазовых переходов.

Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.

Занятие 3. Термодинамическая теория теплоёмкости однородных систем (2час.)

Используя первое начало термодинамики и дифференциальные соотношения, получить выражение для теплоемкости системы в произвольном процессе и исследовать его.

Занятие 4. Нахождение характеристических функций системы (2час.)

Пусть для идеального газа известно калорическое уравнение состояния в форме зависимости теплоемкости при постоянном объеме от температуры и числа частиц

$$C_v = N f(T),$$

где $f(T)$ - известная функция температуры.

Найти свободную энергию F , внутреннюю энергию U и энтропию S .

Раздел II. Классическая статистика (10 час.)

Занятие 5. Коллоквиум «Разреженные газы» (4час.)

Микроскопическая модель: гамильтониан идеального одноатомного газа. Вычисление статистического интеграла. Свободная энергия, калорическое и термическое уравнения состояния. Парадокс Гиббса. Флуктуации энергии идеального газа.

Занятие 6. Коллоквиум «Большое каноническое распределение» (2час.)

Функция статистического распределения для открытых систем, ее нормировка. Статистический интеграл для большого канонического ансамбля Гиббса и большой термодинамический потенциал.

Занятие 7. Коллоквиум «Равновесное излучение» (2час.)

Равновесное излучение. Уравнения электромагнитного поля. Распределение осцилляторов поля по частотам. Спектральная плотность равновесного излучения. Формула Релея-Джинса.

Занятие 8. Одночастичные распределения (2 час.)

Исходя из канонического распределения Гиббса определите распределение частиц идеального одноатомного газа во внешнем поле по координатам и импульсам (распределение Максвелла-Больцмана). Найдите распределения частиц такой системы по импульсам (распределение Максвелла) и по координатам (распределение Больцмана).

Раздел III. Квантовая статистика (16 час.)

Занятие 9. Система двумерных гармонических осцилляторов (2 час.)

Определить теплоемкость системы, состоящей из N независимых двумерных гармонических осцилляторов, каждый из которых обладает $(n+1)$ кратно вырожденными уровнями энергии $\varepsilon_n = hv (n+1)$.

Занятие 10. Двухуровневая система (2 час.)

Система может находиться в двух квантовых состояниях с энергиями ε_1 и ε_2 . Кратности вырождения состояний g_1 и g_2 . Получить зависимость энтропии от энергии и проанализировать эту зависимость.

Занятие 11. Отрицательные абсолютные температуры (2 час.)

Система состоит из N слабо взаимодействующих со средой спиновых частиц ($s_z = \pm 1/2$) во внешнем магнитном поле $H = H_z$. Какой температуре соответствуют минимальное и максимальное значения энергии системы? Найдите зависимость энтропии системы от энергии и проанализируйте эту зависимость.

Занятие 12. Коллоквиум «Сильно вырожденный бозе-газ»(4 час.)

Химический потенциал идеального бозе-газа при низких температурах. Конденсация Эйнштейна. Фазовые переходы второго рода.

Занятие 13. Влияние ангармоничности на теплоемкость (2 час.)

Колебания двухатомной молекулы при достаточно больших амплитудах становятся ангармоническими. В этом случае энергетические уровни приближенно описываются выражением

$$\varepsilon_n = h\nu \left(n + \frac{1}{2}\right) - x_1 h\nu \left(n + \frac{1}{2}\right)^2, \quad n=0,1,2,\dots,$$

где x_1 – параметр, характеризующий степень ангармоничности. Найти влияние ангармоничности на колебательную теплоемкость с точностью до членов первого порядка по x_1 .

Занятие 14. Коллоквиум «Квантовая модель макроскопического тела: смешанные состояния» (4 час.)

Матрица плотности: координатное и энергетическое представления. Статистическая матрица, определение средних.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Термодинамика и статистическая физика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Термодинамика	ОПК-1	знает: начала термодинамики; основные термодинамические процессы и их уравнения;	Контрольная работа, опросы на коллоквиумах и семинарах	Вопросы к экзамену №1 – 9
			умеет: применять второе начало термодинамики для расчета КПД идеальных тепловых циклов;		
			владеет: математическим аппаратом дифференциального, интегрального исчислений;		
		ОПК-2	знает: основные термодинамические потенциалы открытых и закрытых систем;		
			умеет: применять методы термодинамики для определения калорических и термических свойств равновесных систем;		
			владеет: математическим аппаратом дифференциального, интегрального исчислений;		
		ПК-3	приёмы работы с программным обеспечением, используемым для представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.		
			самостоятельно анализировать и систематизировать результаты проведенных исследований.		
			методами представления полученных материалов в		

			виде научных отчетов, публикаций, презентаций.		
2	Классическая статистика	ОПК-1	знает: основные представления статистической физики: статистические ансамбли и статистические функции распределения;	Контрольная работа, опросы на коллоквиумах и семинарах	Вопросы к экзамену №10 – 18
			умеет: применять методы статистической физики к классическим и квантовым макроскопическим системам и давать физическую интерпретацию полученным результатам;		
			владеет: Фурье анализом и аппаратом дифференциальных и интегральных уравнений;		
		ОПК-2	знает: основные уравнения, описывающие неравновесные процессы, и границы их применимости;		
			умеет: решать задачи с использованием метода Гиббса в рамках как квантовой, так и классической статистики;		
			владеет: методами расчета физических характеристик макроскопических систем и процессов, используемых во всех разделах теоретической физики;		
		ПК-3	приёмы работы с программным обеспечением, используемым для представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.		
			самостоятельно анализировать и систематизировать результаты проведенных исследований.		
			методами представления полученных материалов в		

			виде научных отчетов, публикаций, презентаций.		
3	Квантовая статистика	ОПК-1	знает: свойства бозе- и ферми-газов;	Контрольная работа, опросы на коллоквиумах и семинарах	Вопросы к экзамену №19 – 29
			умеет: применять методы статистической физики к классическим и квантовым макроскопическим системам и давать физическую интерпретацию полученным результатам;		
			владеет: Фурье анализом и аппаратом дифференциальных и интегральных уравнений;		
		ОПК-2	знает: основные методы описания неравновесных состояний и процессов – феноменологический (макроскопический) и микроскопический;		
			умеет: решать задачи с использованием метода Гиббса в рамках как квантовой, так и классической статистики;		
			владеет: методами физической интерпретации полученных результатов.		
		ПК-3	приёмы работы с программным обеспечением, используемым для представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.		
			самостоятельно анализировать и систематизировать результаты проведенных исследований.		
			методами представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности,

а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 1. Теория равновесных систем. Термодинамика. М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:400003&theme=FEFU>

2. Квасников И.А. Квантовая статистика – Москва : URSS : [Красанд] , 2011. –569 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:417242&theme=FEFU>

3. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика. Физматлит, 2011. – 136 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2672

4. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики. Лань, 2007. – 448 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=692

5. Леонтович М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. Лань, 2008. – 432 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=226

6. Кондратьев А.С., Райгородский П.А. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории – Издательство: "Физматлит", 2007. – 256 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2209

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Ландау, Л.Д., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Курс теоретической физики, т. 5. Статистическая физика.– М. :Физматлит, 2001. – 610 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/2230/>

2. Задачи по термодинамике и статистической физике : пер. с англ. / под ред. П. Ландсберга. Москва : Мир , 1974. – 640 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:116332&theme=FEFU>

3. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика: учебное пособие. – Москва: Наука, 1982. – 608 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:46906&theme=FEFU>

4. Терлецкий Я.П. Статистическая физика: учебное пособие для студентов вузов. Изд. 3-е, испр. и доп. – Москва: Высшая школа, 1994. – 349 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:41027&theme=FEFU>

5. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика: учебное пособие для вузов. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 2000. – 608 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:14611&theme=FEFU>

6. Гой А.А. Термодинамика: конспект лекций для студентов специальностей 010400 "Физика", 014100 "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". Электронный ресурс, 2006.

<http://srv-elib-01.dvfu.ru:8000/cgi-bin/edocget.cgi?ref=/53/536/goy15.pdf>

7. Гой А.А. Классическая статистика: конспект лекций для студентов специальностей 010400 "Физика", 014100 "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". Электронный ресурс, 2007.

<http://srv-elib-01.dvfu.ru:8000/cgi-bin/edocget.cgi?ref=/53/536/goy12.pdf>

8. Гой А.А. Квантовая статистическая физика: конспект лекций для студентов специальностей 010400 "Физика", 014100 "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". Электронный ресурс, 2006.

<http://srv-elib-01.dvfu.ru:8000/cgi-bin/edocget.cgi?ref=/531/goy14.pdf>

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет»**

1. <http://elementy.ru/> – «Элементы большой науки», научно-популярный сайт о последних достижениях науки и техники.

2. <http://www.youtube.com/watch?v=gUrEkPyUDJ0&list=PLNgELESbeMrOVSBa-BPD6hjnC-7LWvjGD> – Статистическая физика. Лекции профессора кафедры статистической физики физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета Аджемьяна Л.Ц.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Лицензионное и свободное программное обеспечение – MS PowerPoint 2007, MiKTeX и AcrobatReader XI.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия ориентированы на освещение основных тем в каждом разделе курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные основы для дальнейшей самостоятельной работы. Студенты имеют доступ к подготовленным преподавателем презентациям, используемых при чтении теоретического курса и содержащих минимально необходимый материал. Дополнительная информация по изучаемым разделам может быть получена при самостоятельном изучении рекомендованной литературы.

Важнейшим компонентом работы студента является решение физических задач, как на практических занятиях, так и задаваемых на дом – для самостоятельной работы. Решение задач – принципиально важный элемент подготовки студента-наноп физика, так как позволяет проверить степень усвоения изучаемого материала – является ли оно формальным или творческим.

Второй важный момент – подготовка к коллоквиумам, на которых обсуждаются темы, не вошедшие в лекционный курс. Такая подготовка требует навыков работы с литературой и с источниками сети Интернет.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитория для чтения лекций и проведения практических занятий:

- персональный компьютер LenovoThinkPad E125 с лицензионным и свободным программным обеспечением – MS PowerPoint2007 и AcrobatReader XI;
- проектор Benq MP770;
- переносной экран.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Термодинамика и статистическая физика»
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Форма подготовки очная

Владивосток
2016

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	01.09.16 – 26.09.16	Работа с конспектами лекций и литературой. Подготовка к коллоквиумам.	2 час.	Опрос. Работа на коллоквиумах и решение задач.
2	28.09.16 – 24.10.16	Работа с конспектами лекций и литературой. Подготовка к коллоквиумам.	2 час.	Опрос. Работа на коллоквиумах и решение задач.
3	26.10.16 – 21.11.16	Работа с конспектами лекций и литературой. Подготовка к коллоквиумам.	5 час.	Опрос. Работа на коллоквиумах и решение задач.

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Основное содержание самостоятельной работы по курсу «Термодинамика и статистическая физика» – подготовка к практическим и семинарским занятиям (коллоквиумам).

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) овладеть знаниями:

- чтение текста учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.;
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и другой справочной литературой;
- использование компьютерной техники и Интернета;

2) закрепить и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;
- решение задач;

- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, обучающих видеофильмов;
- подготовка плана выступления на коллоквиуме.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Основным результатом самостоятельной работы по дисциплине «Термодинамика и статистическая физика» является решение аудиторных и домашних задач, подготовка к выступлениям на коллоквиуме.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Общими критериями оценки результатов самостоятельной работы студентов являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умение активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Термодинамика и статистическая физика»
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Форма подготовки очная

Владивосток
2016

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-1: способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> • начала термодинамики; • основные термодинамические процессы и их уравнения; • основные термодинамические потенциалы открытых и закрытых систем; • основные представления статистической физики: статистические ансамбли и статистические функции распределения; • различные методы статистической физики: канонические распределения Гиббса, частичные функции распределения Боголюбова; • теорию идеальных систем; • свойства бозе- и ферми-газов.
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> • применять методы термодинамики для определения калорических и термических свойств равновесных систем; • получать расчетные формулы для теплоемкостей системы в различных процессах; • применять второе начало термодинамики для расчета КПД идеальных тепловых циклов; • применять метод потенциалов к расчету термодинамики диэлектриков и магнетиков; • применять методы статистической физики к классическим и квантовым макроскопическим системам и давать физическую интерпретацию полученным результатам.
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> • математическим аппаратом дифференциального, интегрального исчисления; • Фурье анализом и аппаратом дифференциальных и интегральных уравнений.
<p>ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> • основные методы описания неравновесных состояний и процессов – феноменологический (макроскопический) и микроскопический; • основные уравнения, описывающие неравновесные процессы, и границы их применимости.
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> • решать задачи с использованием основных термодинамических методов – метода циклов и метода характеристических функций и дифференциальных соотношений; • решать задачи с использованием метода Гиббса в рамках как квантовой, так и классической статистики.

	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> • методами расчета физических характеристик макроскопических систем и процессов, используемых во всех разделах теоретической физики; • методами физической интерпретации полученных результатов.
ПК-3: готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Знает	<ul style="list-style-type: none"> • приёмы работы с программным обеспечением, используемым для представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно анализировать и систематизировать результаты проведённых исследований.
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> • методами представления полученных материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Список вопросов, выносимых на контрольную №1

1. Основные понятия термодинамики.

Термодинамика и её особенности. Термодинамическая (статистическая) система. Термодинамический контакт. Термодинамическое состояние (равновесие). Причина возникновения процессов в системе.

2. Первое начало термодинамики.

Физическое содержание первого начала. Внутренняя энергия как однозначная функция состояния термодинамической системы. Экстенсивные (аддитивные) и интенсивные величины. Аддитивность внутренней энергии. Уравнения состояния.

3. Первое начало термодинамики.

Количества воздействия, термодинамические координаты и термодинамические силы. Механическое, тепловое и материальное воздействия. Дифференциальная формулировка первого начала термодинамики.

4. Характеристические функции и дифференциальные соотношения.

Внутренняя энергия как характеристическая функция термодинамической системы. Другие характеристические функции термодинамической системы: свободная энергия, энтальпия и термодинамический потенциал. Дифференциальные соотношения термодинамики и их смысл.

5. Метод циклов.

Метод циклов. Прямой цикл Карно для идеального газа. Приведенные теплоты.

6. Метод циклов.

Циклические процессы. Обратный цикл Карно для идеального газа. КПД теплового насоса.

7. Второе начало термодинамики.

Физическое содержание второго начала термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Принципы Клаузиуса и Томсона, их эквивалентность. Теорема Карно-Клаузиуса.

8. Второе начало термодинамики.

Энтропия как функция состояния. Интеграл Клаузиуса для обратимых циклов.

9. Неравновесные процессы.

Равновесные и неравновесные процессы. Неравновесный теплообмен. Интеграл Клаузиуса для необратимых циклов. Объединение первого и второго начал для равновесных и неравновесных процессов.

10. Третье начало термодинамики.

Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Поведение термодинамических величин при стремлении температуры к абсолютному нулю. Недостижимость абсолютного нуля температуры.

11. Термодинамика систем с переменным числом частиц.

Химический потенциал. Зависимость термодинамических функций от числа частиц. Большой термодинамический потенциал.

Список вопросов, выносимых на контрольную №2

1. Механическая модель макроскопического тела.

Механика Лагранжа: обобщенные координаты, функция Лагранжа, уравнения Лагранжа. Механика Гамильтона: канонические переменные, функция Гамильтона, канонические уравнения, фазовое пространство.

2. Функция статистического распределения.

Определения функции распределения: временное и по ансамблю Гиббса. Эргодическая гипотеза. Средние значения физических величин. Нормировка функции распределения. Теорема Лиувилля и статистическая независимость. Функция распределения и аддитивные интегралы движения.

3. Каноническое распределение Гиббса.

Функция статистического распределения для систем, находящихся в контакте с термостатом. Статистический интеграл, модуль канонического распределения и свободная энергия. Метод канонического распределения Гиббса.

4. Микроканоническое распределение Гиббса.

Функция статистического распределения для изолированных систем. Связь нормировочного делителя с термодинамическими переменными. Метод микроканонического распределения Гиббса.

5. Идеальный одноатомный газ.

Микроскопическая модель: гамильтониан идеального одноатомного газа. Вычисление статистического интеграла. Свободная энергия, калорическое и термическое уравнения состояния. Парадокс Гиббса.

6. Большое каноническое распределение.

Функция статистического распределения для открытых систем, ее нормировка. Статистический интеграл для большого канонического ансамбля Гиббса. Большой термодинамический потенциал.

7. Теоремы о вириале и равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.

Теплоемкость одноатомного и многоатомного идеального газа. Теплоемкость твердого тела. Простейший пример распределенной системы: статистика струны.

8. Равновесное излучение.

Уравнения электромагнитного поля. Распределение осцилляторов поля по частотам. Спектральная плотность равновесного излучения. Формула Релея-Джинса.

Список вопросов, выносимых на контрольную №3

1. Квантовая модель макроскопического тела.

Волновая функция, уравнение Шредингера, операторы физических величин. Вероятности стационарных состояний, квантовомеханическое среднее и среднее по ансамблю Гиббса.

2. Квантовое каноническое распределение.

Условие нормировки и статистическая сумма. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Метод канонического распределения в квантовой статистике.

3. Равновесное излучение.

Линейный гармонический осциллятор: статистическая сумма, средняя энергия и теплоемкость. Формула Планка, предельный переход к формулам Вина и Релея-Джинса. Калорическое и термическое уравнения состояния.

4. Статистика твердого тела.

Теория теплоемкости твердого тела Эйнштейна. Теория теплоемкости твердого тела Дебая. Калорическое уравнение состояния.

5. Теплоемкость многоатомных газов.

Гамильтониан многоатомного газа, выделение степеней свободы различной природы. Теорема о вкладе степени свободы в теплоемкость. Критическая температура. Поступательные степени свободы.

6. Теплоемкость многоатомных газов.

Квантовый ротатор: гамильтониан, энергетические уровни, волновые функции, фактор вырождения. Переход в формулах для энергии и теплоемкости к безразмерным единицам. Вращательные степени свободы.

7. Теплоемкость многоатомных газов.

Колебательные степени свободы. Электронные степени свободы. Зависимость теплоемкости многоатомного газа от температуры.

8. Квантовая механика систем тождественных частиц.

Многочастичное и одночастичное уравнения Шредингера. Энергетические уровни многочастичной системы. Числа заполнения. Построение волновых функций многочастичных систем бозонов и фермионов. Факторы вырождения.

9. Квантовая статистика систем тождественных частиц.

Каноническое и большое каноническое распределения Гиббса в терминах одно-частичных энергий и чисел заполнения. Средние числа заполнения. Распределения Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака и Больцмана.

10. Химический потенциал: распределение Больцмана.

Плотность уровней идеального одноатомного газа. Условие нормировки для средних чисел заполнения. Активность и химический потенциал классического идеального газа.

11. Слабо вырожденные идеальные бозе- и ферми-газы.

Поправки к химическому потенциалу слабо вырожденных бозе- и ферми-газов. Критерий вырождения. Уравнения состояния бозе- и ферми-газов.

12. Сильно вырожденный ферми-газ.

Распределение Ферми-Дирака при низких температурах. Энергия Ферми. Химический потенциал сильно вырожденного ферми-газа.

13. Сильно вырожденный бозе-газ.

Химический потенциал идеального бозе-газа при низких температурах. Конденсация Эйнштейна. Свойства бозе-газа в области конденсации. Квантовые жидкости.

Список вопросов, выносимых на экзамен по курсу «Термодинамика и статистическая физика»

1. Основные понятия термодинамики.
2. Первое начало термодинамики.
3. Характеристические функции и дифференциальные соотношения.
4. Метод циклов.
5. Второе начало термодинамики.
6. Неравновесные процессы.
7. Третье начало термодинамики.
8. Термодинамика систем с переменным числом частиц.
9. Термодинамическая теория фазовых переходов.
10. Механическая модель макроскопического тела.
11. Функция статистического распределения.
12. Микроканоническое распределение Гиббса.
13. Каноническое распределение Гиббса.
14. Идеальный одноатомный газ.
15. Реальный газ.
16. Большое каноническое распределение.
17. Теоремы о вириале и равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.
18. Равновесное излучение.
19. Квантовая модель макроскопического тела: чистые состояния.
20. Квантовая модель макроскопического тела: смешанные состояния.
21. Квантовое каноническое распределение.

22. Равновесное излучение.
23. Статистика твердого тела.
24. Квантовая механика систем тождественных частиц.
25. Квантовая статистика систем тождественных частиц.
26. Химический потенциал: распределение Больцмана.
27. Слабо вырожденные идеальные бозе- и ферми-газы.
28. Сильно вырожденный ферми-газ.
29. Сильно вырожденный бозе-газ.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ
для проверки остаточных знаний по курсу
«Термодинамика и статистическая физика»

ВЫБЕРИТЕ ОДИН ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ:

1. (80%) ПРИЧИНОЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАВНОВЕСНОЙ СИСТЕМЕ ЯВЛЯЕТСЯ
 - 1) взаимодействие различных частей системы
 - 2) взаимодействие с окружающей средой
 - 3) флуктуация какой-либо из физических величин
 - 4) взаимодействие атомов и молекул

2. (60%) ПРИВЕДЕННОЙ ТЕПЛОТОЙ НАЗЫВАЕТСЯ
 - 1) отношение количества теплоты к массе тела
 - 2) отношение количества теплоты к объему тела
 - 3) количество теплоты, полученное в изотермическом процессе
 - 4) отношение количества теплоты к температуре, при которой она получена
 - 5) отношение количества теплоты к изменению температуры

3. (90%) ЦИКЛ КАРНО СОСТОИТ ИЗ
 - 1) двух изохор и двух адиабат
 - 2) двух изотерм и двух адиабат
 - 3) двух адиабат и двух изобар
 - 4) двух изотерм и двух изохор
 - 5) двух изохор и двух изобар

4. (80%) ПРЯМОЙ ЦИКЛ КАРНО - ЭТО
 - 1) тепловой двигатель
 - 2) холодильник
 - 3) тепловой насос

5. (80%) УСЛОВИЕМ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ МНОГОФАЗНОЙ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ РАВЕНСТВО
 - 1) химических потенциалов каждой фазы
 - 2) удельных объемов всех фаз
 - 3) химических потенциалов каждого компонента во всех фазах
 - 4) внутренних энергий всех компонентов в различных фазах
 - 5) значений удельных энтропий компонентов во всех фазах

6. (70%) ТЕОРЕМА КАРНО-КЛАУЗИУСА – ЭТО УТВЕРЖДЕНИЕ О
 - 1) невозможности создания вечного двигателя второго рода
 - 2) независимости коэффициента полезного действия обратимого цикла Карно от рабочего тела
 - 3) равенстве приведенных теплот нагревателя и холодильника
 - 4) невозможности создания вечного двигателя первого рода
 - 5) том, что энтропия является функцией состояния

7. (60%) ПРАВИЛО ФАЗ ГИББСА – ЭТО УТВЕРЖДЕНИЕ О ТОМ, ЧТО
 - 1) число фаз не может превышать число компонентов более чем на два
 - 2) в условиях равновесия число фаз равно числу компонентов

- 3) число фаз равно числу компонентов плюс два
 - 4) в условиях равновесия число фаз не зависит от числа компонентов
 - 5) в условиях равновесия число фаз не может превышать число компонентов более чем на два
8. (90%)ФИЗИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПЕРВОГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) утверждение о существовании состояния термодинамического равновесия
 - 2) утверждение о невозможности создания вечного двигателя второго рода
 - 3) закон сохранения и превращения энергии
 - 4) закон возрастания энтропии
 - 5) утверждение о постоянстве энтропии при температурах, стремящихся к абсолютному нулю
9. (80%)ФИЗИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ВТОРОГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) утверждение о существовании состояния термодинамического равновесия
 - 2) утверждение о невозможности создания вечного двигателя первого рода
 - 3) закон сохранения и превращения энергии
 - 4) закон возрастания энтропии
 - 5) утверждение о постоянстве энтропии при температурах, стремящихся к абсолютному нулю
10. (60%)ФИЗИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ТРЕТЬЕГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) утверждение о существовании состояния термодинамического равновесия
 - 2) утверждение о невозможности создания вечного двигателя первого рода
 - 3) закон сохранения и превращения энергии
 - 4) закон возрастания энтропии
 - 5) утверждение о постоянстве энтропии при температурах, стремящихся к абсолютному нулю
11. (90%)ФАЗОВЫМ ПРОСТРАНСТВОМ НАЗЫВАЕТСЯ
- 1) пространство фаз состояний термодинамической системы
 - 2) абстрактное пространство $2N$ измерений, по координатным осям которого отложены координаты и скорости частиц системы
 - 3) абстрактное пространство $2N$ измерений, по координатным осям которого отложены обобщенные координаты и импульсы частиц системы
12. (80%)ДВИЖЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗОБРАЖАЕТСЯ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ФАЗОВОЙ
- 1) точкой
 - 2) траекторией
 - 3) гиперповерхностью
13. (80%)СОСТОЯНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗОБРАЖАЕТСЯ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ФАЗОВОЙ
- 1) точкой
 - 2) траекторией
 - 3) гиперповерхностью

14. (70%) СОСТОЯНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ, ИЗОБРАЖАЮТСЯ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ФАЗОВОЙ
- 1) точкой
 - 2) траекторией
 - 3) гиперповерхностью
15. (90%) ФЕРМИОНАМИ ЯВЛЯЮТСЯ ЧАСТИЦЫ
- 1) с целым спином
 - 2) с любым спином
 - 3) с полуцелым спином
 - 4) с положительным зарядом
 - 5) с отрицательным зарядом
16. (90%) БОЗОНАМИ ЯВЛЯЮТСЯ ЧАСТИЦЫ С
- 1) целым спином
 - 2) любым спином
 - 3) полуцелым спином
 - 4) положительным зарядом
 - 5) отрицательным зарядом
17. (80%) СИСТЕМЫ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ФЕРМИОНОВ ОПИСЫВАЮТСЯ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ
- 1) антисимметричными волновыми функциями
 - 2) волновыми функциями с произвольной симметрией
 - 3) симметричными волновыми функциями
 - 4) действительными волновыми функциями
18. (80%) СИСТЕМЫ ТОЖДЕСТВЕННЫХ БОЗОНОВ ОПИСЫВАЮТСЯ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ
- 1) антисимметричными волновыми функциями
 - 2) волновыми функциями с произвольной симметрией
 - 3) симметричными волновыми функциями
 - 4) действительными волновыми функциями
19. (70%) ДВУХАТОМНАЯ МОЛЕКУЛА ИМЕЕТ
- 1) три поступательных, одну вращательную и одну колебательную степени свободы
 - 2) три поступательных, две вращательных и одну колебательную степени свободы
 - 3) три поступательных, две вращательных, одну колебательную и электронные степени свободы
 - 4) две вращательных, одну колебательную и электронные степени свободы
 - 5) две поступательных, две вращательных, две колебательных и электронные степени свободы
20. (70%) ТРЕХАТОМНАЯ МОЛЕКУЛА ИМЕЕТ
- 1) три поступательных, одну вращательную и одну колебательную степени свободы
 - 2) три поступательных, три вращательных, одну колебательную и электронные степени свободы
 - 3) две вращательных, одну колебательную и электронные степени свободы
 - 4) две вращательных, одну колебательную и электронные степени свободы
 - 5) две поступательных, две вращательных, две колебательных и электронные степени свободы

21. (50%) ХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КЛАССИЧЕСКОГО ГАЗА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) положительным и возрастает быстрее первой степени температуры
 - 2) положительным и возрастает как первая степень температуры
 - 3) отрицательным и уменьшается медленнее первой степени температуры
 - 4) отрицательным и уменьшается как квадрат температуры
 - 5) отрицательным и уменьшается быстрее первой степени температуры
22. (70%) ФАКТОРОМ ВЫРОЖДЕНИЯ НАЗЫВАЕТСЯ ЧИСЛО
- 1) различных значений энергии, соответствующих данному квантовому состоянию
 - 2) энергетических уровней на единичном частотном интервале
 - 3) различных квантовых состояний, соответствующих данному значению энергии
23. (70%) СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ВИРИАЛА ДЛЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА РАВНО
- 1) работе силы, необходимой для разрушения осциллятора
 - 2) среднему значению потенциальной энергии
 - 3) разности кинетической и потенциальной энергии
 - 4) среднему значению разности кинетической и потенциальной энергии
24. (50%) СУЩЕСТВОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ОСЦИЛЛЯТОРОВ В ТЕОРИИ ДЕБАЯ ОБУСЛОВЛЕНО
- 1) конечными размерами твердого тела
 - 2) квантовыми эффектами
 - 3) дискретной структурой твердого тела
25. (70%) СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ВЫДЕЛЕННОЙ СТЕПЕНИ СВОБОДЫ, РАВНО
- 1) R
 - 2) θ
 - 3) $3\theta/2$
 - 4) $\theta/2$
 - 5) $2R$
26. (60%) СОДЕРЖАНИЕ ТРЕТЬЕГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ ВЫРАЖАЕТСЯ ФОРМУЛОЙ
- 1) $dU = TdS - pdV + \mu dN$
 - 2) $dU = \delta A + \delta Q + \delta Z$
 - 3) $\lim_{T \rightarrow 0} S(T, V, p, \dots) = S_0(V, p, \dots)$
 - 4) $\lim_{T \rightarrow 0} S(T, V, p, \dots) = S_0 = const$
27. (80%) ПРОЦЕСС, ПРИ КОТОРОМ НЕ ПРОИСХОДИТ НИКАКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, КРОМЕ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА ОТ ГОРЯЧЕГО ТЕЛА К ХОЛОДНОМУ, ЯВЛЯЕТСЯ НЕОБРАТИМЫМ – ЭТО ПРИНЦИП
- 1) Клаузиуса
 - 2) Томсона
 - 3) Карно
 - 4) Гельмгольца

28. (80%)ПРОЦЕСС, ПРИ КОТОРОМ РАБОТА ПЕРЕХОДИТ В ТЕПЛО БЕЗ КАКИХ ЛИБО ДРУГИХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ, ЯВЛЯЕТСЯ НЕОБРАТИМЫМ – ЭТО ПРИНЦИП
- 1) Клаузиуса
 - 2) Томсона
 - 3) Карно
 - 4) Гельмгольца
29. (70%)СОСТОЯНИЕ КВАНТОВОЙ СИСТЕМЫ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В ЗАДАННЫХ ВНЕШНИХ УСЛОВИЯХ, ОПИСЫВАЕТСЯ
- 1) совокупностью обобщенных координат и обобщенных импульсов
 - 2) волновой функцией
 - 3) матрицей плотности
 - 4) функцией Гамильтона
 - 5) оператором Гамильтона
30. (70%)СОСТОЯНИЕ КВАНТОВОЙ СИСТЕМЫ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕЙ С ОКРУЖЕНИЕМ, ОПИСЫВАЕТСЯ
- 1) совокупностью обобщенных координат и обобщенных импульсов
 - 2) волновой функцией
 - 3) матрицей плотности
 - 4) функцией Гамильтона
 - 5) оператором Гамильтона
31. (60%)РАВНОВЕСНЫМ СОСТОЯНИЯМ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ СООТВЕТСТВУЕТ
- 1) подавляющая часть объема доступного фазового пространства
 - 2) все фазовое пространство
 - 3) половина объема доступного фазового пространства
 - 4) исчезающе малая часть объема доступного фазового пространства
32. (60%)КОНДЕНСАЦИЕЙ ЭЙНШТЕЙНА НАЗЫВАЕТСЯ
- 1) превращение идеального бозе-газа в жидкость
 - 2) скопление частиц идеального бозе-газа на наинизшем энергетическом уровне
 - 3) скопление частиц идеального ферми-газа на наинизшем энергетическом уровне
33. (50%)СТАЦИОНАРНЫМ РЕШЕНИЕМ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ БОЛЬЦМАНА ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) распределение Ферми-Дирака
 - 2) распределение Максвелла-Больцмана
 - 3) каноническое распределение Гиббса
 - 4) распределение Бозе-Эйнштейна
34. (40%)ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ВЕРОЯТНОСТЬЮ СОСТОЯНИЯ НАЗЫВАЕТСЯ
- 1) число макросостояний, соответствующих заданному микросостоянию
 - 2) вероятность данного состояния термодинамической системы
 - 3) число микросостояний, соответствующих заданному макросостоянию
 - 4) отношение вероятности данного состояния термодинамической системы к полной вероятности
35. (40%)Н-ТЕОРЕМА БОЛЬЦМАНА – ЭТО УТВЕРЖДЕНИЕ О ТОМ, ЧТО

- 1) в процессе установления термодинамического равновесия H -функция Больцмана остается постоянной
 - 2) в процессе установления термодинамического равновесия H -функция Больцмана монотонно убывает, достигая в равновесии наименьшего значения
 - 3) в процессе установления термодинамического равновесия H -функция Больцмана осциллирует с уменьшающейся амплитудой
 - 4) в процессе установления термодинамического равновесия H -функция Больцмана монотонно возрастает, достигая в равновесии наибольшего значения
36. (50%) ЯВЛЕНИЕ ВЫРОЖДЕНИЯ В ИДЕАЛЬНОМ БОЗЕ-ГАЗЕ СОСТОИТ В ТОМ, ЧТО
- 1) частицы газа скапливаются на нижайшем энергетическом уровне
 - 2) частицы газа заполняют в импульсном (или энергетическом) пространстве сферу определенного радиуса
 - 3) частицы газа равномерно заполняют энергетические уровни
 - 4) газ конденсируется и превращается в жидкость
37. (50%) ЯВЛЕНИЕ ВЫРОЖДЕНИЯ В ИДЕАЛЬНОМ ФЕРМИ-ГАЗЕ СОСТОИТ В ТОМ, ЧТО
- 1) частицы газа скапливаются на нижайшем энергетическом уровне
 - 2) частицы газа заполняют в импульсном (или энергетическом) пространстве сферу определенного радиуса
 - 3) частицы газа равномерно заполняют энергетические уровни
 - 4) газ конденсируется и превращается в жидкость
38. (50%) ТРЕТЬЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ ЯВЛЯЕТСЯ СЛЕДСТВИЕМ
- 1) закона сохранения энергии
 - 2) принципа возрастания энтропии
 - 3) дискретности энергетических уровней макроскопической системы
 - 4) теоремы возврата Пуанкаре
 - 5) классического характера движения микрочастиц
39. (70%) ПРИНЦИП СТАТИСТИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ СОСТОИТ В ТОМ, ЧТО
- 1) вероятности состояний невзаимодействующих систем не зависят друг от друга
 - 2) функция статистического распределения не зависит от внешних условий
 - 3) состояния различных термодинамических систем независимы друг от друга
 - 4) состояние, в котором находится одна из подсистем, никак не влияет на вероятности состояний других подсистем
40. (40%) ИЗ ТЕОРЕМЫ ЛИУВИЛЛЯ СЛЕДУЕТ, ЧТО ФУНКЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
- 1) определяется значениями аддитивных интегралов движения системы
 - 2) не зависит от времени
 - 3) определяется значениями вторых интегралов движения системы
 - 4) определяется значениями первых интегралов движения системы
 - 5) зависит от времени
41. (60%) СОГЛАСНО ЗАКОНУ ДЮЛОНГА И ПТИ, МОЛЯРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ТВЕРДОГО ТЕЛА РАВНА
- 1) $3R/2$
 - 2) $3R$

- 3) $3k$
- 4) $3k/2$
- 5) R

42. (80%) РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕРМИ-ДИРАКА ОПИСЫВАЕТ

- 1) распределение частиц идеального ферми-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 2) статистическое распределение термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 3) распределение частиц идеального бозе-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 4) статистическое распределение изолированной термодинамической системы
- 5) распределение частиц классического идеального газа по одночастичным энергетическим уровням

43. (80%) РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОЗЕ-ЭЙНШТЕЙНА ОПИСЫВАЕТ

- 1) распределение частиц идеального ферми-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 2) статистическое распределение термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 3) распределение частиц идеального бозе-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 4) статистическое распределение изолированной термодинамической системы
- 5) распределение частиц классического идеального газа по одночастичным энергетическим уровням

44. (80%) РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬЦМАНА ОПИСЫВАЕТ

- 1) распределение частиц идеального ферми-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 2) статистическое распределение термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 3) распределение частиц идеального бозе-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 4) статистическое распределение изолированной термодинамической системы
- 5) распределение частиц классического идеального газа по одночастичным энергетическим уровням

45. (80%) МИКРОКАНОНИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИББСА ОПИСЫВАЕТ

- 1) статистическое распределение замкнутой термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 2) статистическое распределение изолированной термодинамической системы
- 3) распределение частиц идеального ферми-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 4) статистическое распределение открытой термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 5) распределение частиц классического идеального газа по одночастичным энергетическим уровням

46. (80%) КАНОНИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИББСА ОПИСЫВАЕТ

- 1) статистическое распределение замкнутой термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 2) статистическое распределение изолированной термодинамической системы

- 3) распределение частиц идеального ферми-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 4) статистическое распределение открытой термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 5) распределение частиц классического идеального газа по одночастичным энергетическим уровням
47. (80%)БОЛЬШОЕ КАНОНИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИББСА ОПИСЫВАЕТ
- 1) статистическое распределение замкнутой термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 2) статистическое распределение изолированной термодинамической системы
- 3) распределение частиц идеального ферми-газа по одночастичным энергетическим уровням
- 4) статистическое распределение открытой термодинамической системы, находящейся в контакте с термостатом
- 5) распределение частиц классического идеального газа по одночастичным энергетическим уровням
48. (50%)ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕРМИ-ДИРАКА ПЕРЕХОДИТ В РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
- 1) Гиббса
- 2) Больцмана
- 3) Максвелла
- 4) Бозе-Эйнштейна
49. (50%)ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОЗЕ-ЭЙНШТЕЙНА ПЕРЕХОДИТ В РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
- 1) Гиббса
- 2) Больцмана
- 3) Максвелла
- 4) Ферми-Дирака
50. (60%)ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАИЛУЧШИМ ОБРАЗОМ ОПИСЫВАЕТ ТЕОРИЯ
- 1) Дюлонга и Пти
- 2) Эйнштейна
- 3) Дебая

ВЫБЕРЕТЕ ВСЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ:

51. (80%)СОСТОЯНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ
- 1) отсутствием микроскопических процессов
- 2) аддитивностью
- 3) устойчивостью
- 4) транзитивностью
- 5) коммутативностью
52. (70%)ФУНКЦИЕЙ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАЗЫВАЕТСЯ
- 1) $w(q, p, t) = \lim_{\substack{T \rightarrow \infty \\ \Delta \Gamma \rightarrow 0}} \frac{\Delta N}{T \Delta \Gamma}$
- 4) $w(q, p, t) = \lim_{\substack{\Delta \Gamma \rightarrow \infty \\ T \rightarrow \infty}} \frac{\Delta t}{T \Delta \Gamma}$

$$2) \quad w(q, p, t) = \lim_{\substack{N \rightarrow \infty \\ \Delta \Gamma \rightarrow 0}} \frac{\Delta t}{N \Delta \Gamma}$$

$$5) \quad w(q, p, t) = \lim_{\substack{N \rightarrow \infty \\ \Delta \Gamma \rightarrow 0}} \frac{\Delta N}{N \Delta \Gamma}$$

$$3) \quad w(q, p, t) = \lim_{\substack{T \rightarrow \infty \\ \Delta \Gamma \rightarrow 0}} \frac{\Delta t}{T \Delta \Gamma}$$

$$6) \quad w(q, p, t) = \lim_{\substack{N \rightarrow 0 \\ \Delta \Gamma \rightarrow 0}} \frac{\Delta t}{N \Delta \Gamma}$$

53. (80%) ТЕРМОДИНАМИКА ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ СЛЕДУЮЩИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ:

- 1) является феноменологической теорией
- 2) по характеру изложения является дедуктивной теорией
- 3) в основу кладется микроскопическая модель макроскопического тела
- 4) основана на квантовых законах движения микрочастиц
- 5) является макроскопической теорией

54. (80%) СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ СЛЕДУЮЩИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ:

- 1) является макроскопической теорией
- 2) является модельно-независимой теорией
- 3) в основу кладется микроскопическая модель макроскопического тела
- 4) использованием методов теории вероятности
- 5) является феноменологической теорией

55. (60%) ОБРАТНЫЙ ЦИКЛ КАРНО - ЭТО

- 1) тепловой двигатель
- 2) холодильник
- 3) тепловой насос

56. (30%) ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ СООТНОШЕНИЯМИ ТЕРМОДИНАМИКИ ЯВЛЯЮТСЯ

$$1) \quad \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_S = - \left(\frac{\partial p}{\partial S} \right)_V$$

$$4) \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$$

$$2) \quad \left(\frac{\partial T}{\partial S} \right)_V = - \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_S$$

$$5) \quad \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_S = \left(\frac{\partial S}{\partial S} \right)_V$$

$$3) \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_p = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_S$$

$$6) \quad \left(\frac{\partial V}{\partial S} \right)_T = \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_V$$

57. (70%) УРАВНЕНИЯМИ СОСТОЯНИЯ РАВНОВЕСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ

$$1) \quad u = \frac{E}{V} = \sigma T^4$$

$$4) \quad E = \frac{3m}{2\mu} RT$$

$$2) \quad E = \frac{3}{2} NkT$$

$$5) \quad p = \frac{1}{3} \sigma T^4$$

$$3) \quad pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$6) \quad pV = \frac{m}{\mu} RT$$

58. (90%) УРАВНЕНИЯМИ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ЯВЛЯЮТСЯ

$$1) \quad pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$4) \quad E = \frac{3}{2} NkT$$

$$2) \quad u = \frac{E}{V} = \sigma T^4$$

$$5) \quad pV = RT$$

$$3) \quad p = \frac{1}{3} \sigma T^4$$

$$6) \quad E = \frac{3}{2} RT$$

59. (90%) ТЕРМИЧЕСКИМИ УРАВНЕНИЯМИ СОСТОЯНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1) $u = \frac{E}{V} = \sigma T^4$ | 4) $E = \frac{3m}{2\mu}RT$ |
| 2) $E = \frac{3}{2}NkT$ | 5) $p = \frac{1}{3}\sigma T^4$ |
| 3) $pV = \frac{m}{\mu}RT$ | 6) $pV = \frac{m}{\mu}RT$ |

60. (90%)КАЛОРИЧЕСКИМИ УРАВНЕНИЯМИ СОСТОЯНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$ | 4) $E = \frac{3}{2}NkT$ |
| 2) $u = \frac{E}{V} = \sigma T^4$ | 5) $pV = RT$ |
| 3) $p = \frac{1}{3}\sigma T^4$ | 6) $E = \frac{3}{2}RT$ |

61. (80%)СОДЕРЖАНИЕ ПЕРВОГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ ВЫРАЖАЕТСЯ ФОРМУЛАМИ

- 1) $dU = TdS - pdV + \mu dN$
- 2) $dU = dA + dQ + dZ$
- 3) $\lim_{T \rightarrow 0} S(T, V, p, \dots) = S_0(V, p, \dots)$
- 4) $\lim_{T \rightarrow 0} S(T, V, p, \dots) = S_0 = const$

62. (40%)ПРИНЦИП СИММЕТРИИ КИНЕТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В ТЕОРИИ ОНЗАГЕРА ВЫРАЖАЕТСЯ ФОРМУЛОЙ

- 1) $L_{ik}(\vec{H}) = -L_{ki}(-\vec{H})$
- 2) $L_{ik} = L_{ki}$
- 3) $L_{ik}(\vec{H}) = -L_{ki}(\vec{H})$
- 4) $L_{ik}(\vec{H}) = L_{ki}(-\vec{H})$

63. (70%)ФУНКЦИЯМИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) работа
- 2) внутренняя энергия
- 3) энтропия
- 4) количество тепла
- 5) химический потенциал

64. (70%)ОТ ПРОЦЕССА, СОВЕРШАЕМОГО СИСТЕМОЙ, ЗАВИСЯТ

- 1) работа
- 2) внутренняя энергия
- 3) энтропия
- 4) количество тепла
- 5) химический потенциал

65. (50%)СЛЕДСТВИЯМИ ТРЕТЬЕГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ ЯВЛЯЮТСЯ УТВЕРЖДЕНИЯ О

- 1) невозможности вечного двигателя второго рода
- 2) недостижимости абсолютного нуля температуры
- 3) невозможности вечного двигателя первого рода
- 4) стремлении теплоемкости к нулю при стремлении абсолютной температуры к нулю
- 5) стремлении коэффициента теплового расширения к нулю при стремлении абсолютной температуры к нулю

66. (50%)РАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ

- 1) отсутствием определенной реакции системы на внешние воздействия данного рода
 - 2) полной определенностью реакции системы на внешние воздействия данного рода
 - 3) неоднородным полем термодинамических величин
 - 4) однородным полем всех термодинамических величин
 - 5) преобразованием нетепловых видов энергии в теплоту
67. (50%) НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ
- 1) отсутствием определенной реакции системы на внешние воздействия данного рода
 - 2) полной определенностью реакции системы на внешние воздействия данного рода
 - 3) неоднородным полем термодинамических величин
 - 4) однородным полем всех термодинамических величин
 - 5) преобразованием нетепловых видов энергии в теплоту
68. (50%) ТЕОРИЯ ЭЙНШТЕЙНА ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ОСНОВАНА НА СЛЕДУЮЩИХ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯХ
- 1) каждый нормальный осциллятор представляет собой моду звуковых колебаний твердого тела
 - 2) твердое тело – совокупность $3N$ одинаковых и независимых линейных осцилляторов
 - 3) движение осциллятора описывается законами классической механики
 - 4) твердое тело – совокупность $3N$ осцилляторов с различными частотами
 - 5) движение осциллятора описывается законами квантовой механики
69. (50%) ТЕОРИЯ ДЕБАЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ОСНОВАНА НА СЛЕДУЮЩИХ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯХ
- 1) каждый нормальный осциллятор представляет собой моду звуковых колебаний твердого тела
 - 2) твердое тело – совокупность $3N$ одинаковых и независимых линейных осцилляторов
 - 3) движение осциллятора описывается законами классической механики
 - 4) твердое тело – совокупность $3N$ линейных осцилляторов с различными частотами
 - 5) движение осциллятора описывается законами квантовой механики
70. (70%) ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ (СТАТИСТИЧЕСКАЯ) СИСТЕМА – ЭТО
- 1) макроскопическая система
 - 2) микроскопическая система
 - 3) система, подчиняющаяся законам классической механики
 - 4) система, определенным образом выделенная среди окружающих тел
 - 5) система, пространственные размеры и время существования которой достаточны для проведения нормальных процессов измерений
71. (90%) ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ПЕРВОГО РОДА ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ
- 1) наличием скрытой теплоты перехода
 - 2) скачком химического потенциала
 - 3) изменением удельного объема
 - 4) скачком первой производной химического потенциала
 - 5) скачком второй производной химического потенциала
 - 6) скачком теплоемкости при постоянном давлении
72. (80%) ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ВТОРОГО РОДА ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ
- 1) наличием скрытой теплоты перехода
 - 2) скачком первой производной химического потенциала
 - 3) скачком химического потенциала
 - 4) изменением удельного объема

- 5) скачком теплоемкости при постоянном давлении
- 6) скачком второй производной химического потенциала

73. (40%)ХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИДЕАЛЬНОГО БОЗЕ-ГАЗА

- 1) является положительным при низких температурах
- 2) при высоких температурах является отрицательным и уменьшается быстрее первой степени температуры
- 3) обращается в нуль при температурах ниже температуры вырождения
- 4) при низких температурах квадратично убывает
- 5) является отрицательным или равным нулю при любых температурах

74. (40%)ХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИДЕАЛЬНОГО ФЕРМИ-ГАЗА

- 1) является отрицательным или равным нулю при любых температурах
- 2) является положительным при низких температурах
- 3) при высоких температурах является отрицательным и уменьшается быстрее первой степени температуры
- 4) обращается в нуль при температурах ниже температуры вырождения
- 5) при низких температурах квадратично убывает

75. (70%)СПЕКТР КВАНТОВОГО ЛИНЕЙНОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) вырожденным
- 2) невыврожденным
- 3) эквидистантным
- 4) неэквидистантным
- 5) ограниченным

76. (70%)СПЕКТР КВАНТОВОГО РОТАТОРА ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) вырожденным
- 2) невырожденным
- 3) эквидистантным
- 4) неэквидистантным
- 5) ограниченным

77. (30%)ТЕПЛОЕМКОСТЬ ТИПА ШОТКИ

- 1) уменьшается при стремлении температуры к бесконечности
- 2) возрастает при стремлении температуры к бесконечности
- 3) стремится к нулю при стремлении температуры к нулю
- 4) стремится к бесконечности при стремлении температуры к нулю

78. (90%)СКОРОСТЬ \mathbf{v} И УСКОРЕНИЕ \mathbf{a} ПРИ ОБРАЩЕНИИ ВРЕМЕНИ T ПРЕОБРАЗУЮТСЯ КАК

- 1) $\vec{v}^T(t) = \vec{v}(-t)$
- 2) $\vec{v}^T(t) = -\vec{v}(-t)$
- 3) $\vec{a}^T(t) = \vec{a}(-t)$
- 4) $\vec{a}^T(t) = -\vec{a}(-t)$

79. (90%)ИМПУЛЬС \mathbf{p} И МОМЕНТ ИМПУЛЬСА \mathbf{L} ПРИ ОБРАЩЕНИИ ВРЕМЕНИ T ПРЕОБРАЗУЮТСЯ КАК

- 1) $\vec{p}^T(t) = \vec{p}(-t)$
- 2) $\vec{p}^T(t) = -\vec{p}(-t)$
- 3) $\vec{L}^T(t) = \vec{L}(-t)$
- 4) $\vec{L}^T(t) = -\vec{L}(-t)$

80. (80%)НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ \mathbf{E} И МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ \mathbf{B} ПРИ ОБРАЩЕНИИ ВРЕМЕНИ T ПРЕОБРАЗУЮТСЯ КАК

1) $\vec{E}^T(t) = -\vec{E}(-t)$

2) $\vec{E}^T(t) = \vec{E}(-t)$

3) $\vec{B}^T(t) = -\vec{B}(-t)$

4) $\vec{B}^T(t) = \vec{B}(-t)$

81. (80%) ПЛОТНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ρ И ПЛОТНОСТЬ ТОКА j ПРИ ОБРАЩЕНИИ ВРЕМЕНИ T ПРЕОБРАЗУЮТСЯ КАК

1) $\vec{\rho}^T(t) = \vec{\rho}(-t)$

3) $\vec{j}^T(t) = -\vec{j}(-t)$

2) $\vec{\rho}^T(t) = -\vec{\rho}(-t)$

4) $\vec{j}^T(t) = \vec{j}(-t)$

82. (70%) ОСНОВНЫМИ ПРИНЦИПАМИ ТЕОРИИ НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ ОНЗАГЕРА ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) принцип независимости термодинамических потоков от термодинамических сил
- 2) принцип симметрии кинетических коэффициентов
- 3) квадратичная зависимость термодинамических потоков от термодинамических сил
- 4) линейная связь между термодинамическими потоками и термодинамическими силами
- 5) принцип антисимметрии кинетических коэффициентов

83. (70%) ПРИЧИНАМИ ИЗМЕНЕНИЯ НЕРАВНОВЕСНОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) возрастание энтропии системы
- 2) движение (дрейф) частиц в $r\nu$ -пространстве
- 3) закон сохранения энергии
- 4) столкновения частиц

84. (80%) СРЕДНЯЯ ЭНЕРГИЯ КВАНТОВОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

- 1) при больших температурах пропорциональна температуре
- 2) при больших температурах пропорциональна квадрату температуры
- 3) при низких температурах стремится к постоянному и не равному нулю значению
- 4) при низких температурах стремится к нулю
- 5) при низких температурах стремится к бесконечности

85. (80%) СРЕДНЯЯ ЭНЕРГИЯ КЛАССИЧЕСКОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

- 1) при больших температурах пропорциональна температуре
- 2) при больших температурах пропорциональна квадрату температуры
- 3) при низких температурах стремится к постоянному и не равному нулю значению
- 4) при низких температурах стремится к нулю
- 5) при низких температурах стремится к бесконечности

86. (70%) ОБРАТИМЫМИ ВО ВРЕМЕНИ ЯВЛЯЮТСЯ ЗАКОНЫ

- 1) квантовой механики
- 2) термодинамики
- 3) классической механики
- 4) классической электродинамики
- 5) статистической физики

87. (70%) НЕРАТИМЫМИ ВО ВРЕМЕНИ ЯВЛЯЮТСЯ ЗАКОНЫ

- 1) квантовой механики
- 2) термодинамики
- 3) классической механики
- 4) классической электродинамики
- 5) статистической физики

88. (70%) ПРИМЕРАМИ СИСТЕМ С БЕСКОНЕЧНО БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) многоатомный идеальный газ
- 2) равновесное излучение
- 3) твердое тело
- 4) физическое поле

89. (50%) ДВУХАТОМНЫЙ ГАЗ ИМЕЕТ

- 1) три поступательные степени свободы
- 2) две вращательные степени свободы
- 3) три вращательные степени свободы
- 4) одну колебательную степень свободы
- 5) электронные степени свободы
- 6) две колебательные степени свободы

90. (40%) ТРЕХАТОМНЫЙ ГАЗ ИМЕЕТ

- 1) три поступательные степени свободы
- 2) две вращательные степени свободы
- 3) три вращательные степени свободы
- 4) три колебательные степени свободы
- 5) электронные степени свободы
- 6) две колебательные степени свободы

УПОРЯДОЧИТЕ:

УПОРЯДОЧИТЕ ПО ВОЗРАСТАНИЮ

91. (70%) КРИТИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ

- ___ | (2) вращательным степеням свободы
- ___ | (4) электронным степеням свободы
- ___ | (1) поступательным степеням свободы
- ___ | (3) колебательным степеням свободы

УПОРЯДОЧИТЕ ПО ПОРЯДКУ ВЫПОЛНЕНИЯ

92. (80%) ПУНКТЫ ПРОГРАММЫ ГИББСА ДЛЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ (КЛАССИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА)

- ___ | (3) определение энтропии системы и извлечение из нее термодинамической информации
- ___ | (1) формулировка микроскопической модели макроскопического тела – написание явного вида функции Гамильтона
- ___ | (2) вычисление нормировочного делителя

93. (80%) ПУНКТЫ ПРОГРАММЫ ГИББСА ДЛЯ ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ В КОНТАКТЕ С ТЕРМОСТАТОМ (КЛАССИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА)

- ___ | (2) вычисление статистического интеграла
- ___ | (1) формулировка микроскопической модели макроскопического тела – написание явного вида функции Гамильтона
- ___ | (3) определение свободной энергии и извлечение из нее термодинамической информации

94. (80%) ПУНКТЫ ПРОГРАММЫ ГИББСА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ В КОНТАКТЕ С ТЕРМОСТАТОМ (КЛАССИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА)
- | (3) определение большого термодинамического потенциала и извлечение из него термодинамической информации
 - | (1) формулировка микроскопической модели макроскопического тела – написание явного вида функции Гамильтона
 - | (2) вычисление большого статистического интеграла
95. (80%) ПУНКТЫ ПРОГРАММЫ ГИББСА ДЛЯ ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ В КОНТАКТЕ С ТЕРМОСТАТОМ (КВАНТОВАЯ СТАТИСТИКА)
- | (3) определение свободной энергии и извлечение из нее термодинамической информации
 - | (2) вычисление статистической суммы
 - | (1) формулировка микроскопической модели макроскопического тела – написание явного вида оператора Гамильтона и решение стационарного уравнения Шредингера

УСТАНОВИТЕ СООТВЕТСТВИЕ:

96. (80%) МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНОЙ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ КООРДИНАТОЙ И СИЛОЙ, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ДАННОМУ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОМУ КОНТАКТУ
- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1) давление | A) механическая координата |
| 2) температура | B) механическая сила |
| 3) энтропия | C) тепловая координата |
| 4) химический потенциал | D) тепловая сила |
| 5) объем (со знаком минус) | E) материальная координата |
| 6) число частиц (масса) | F) материальная сила |

ОТВЕТЫ: 1 А, 2 D, 3 C, 4 F, 5 А, 6 E.

97. (90%) МЕЖДУ НАЗВАНИЕМ ПРОЦЕССА И ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЕМ
- | | |
|------------------------------|---|
| 1) инфинитезимальный процесс | A) обмена теплом нет |
| 2) квазистатический процесс | B) бесконечно медленный процесс |
| 3) обратимый процесс | C) бесконечно малый процесс |
| 4) циклический процесс | D) может быть проведен в обратном порядке |
| 5) адиабатический процесс | E) начинается и заканчивается в одной точке |

ОТВЕТЫ: 1 C, 2 B, 3 D, 4 E, 5 A.

98. (90%) МЕЖДУ ФОРМУЛОЙ И ЕЕ НАЗВАНИЕМ
- | | |
|---|--|
| 1) $w(q, p) = \frac{1}{N!} \exp \left\{ \frac{J(\Theta, V, \mu) + \mu N - H(q, p, V)}{\Theta} \right\}$ | A) микроканоническое распределение Гиббса |
| 2) $w(q, p) = \Omega^{-1}(E, V) \delta(H(q, p, V) - E)$ | B) каноническое распределение Гиббса |
| 3) $w(q, p) = \exp \left\{ \frac{F(\Theta, V) - H(q, p, V)}{\Theta} \right\}$ | C) большое каноническое распределение Гиббса |

ОТВЕТЫ: 1 C, 2 A, 3 B.

99. (70%)МЕЖДУ ФОРМУЛОЙ И ЕЕ НАЗВАНИЕМ

- 1) $E(\omega) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} V \exp\left(-\frac{\hbar\omega}{\Theta}\right)$ А) формула Планка
- 2) $E(\omega) = \frac{\hbar\omega^3 V}{\pi^2 c^3 \left\{ \exp\left(\frac{\hbar\omega}{\Theta}\right) - 1 \right\}}$ В) формула Релея-Джинса
- 3) $E(\omega) = \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} \Theta V$ С) формула Вина

ОТВЕТЫ: 1 С, 2 А, 3 В.

100. (70%)МЕЖДУ ФОРМУЛОЙ И ЕЕ НАЗВАНИЕМ

- 1) $\bar{n}_l = \frac{1}{\exp\left\{\frac{\varepsilon_l - \mu}{\Theta}\right\} - 1}$ А) распределение Больцмана
- 2) $\bar{n}_l = \frac{1}{\exp\left\{\frac{\varepsilon_l - \mu}{\Theta}\right\} + 1}$ В) распределение Ферми-Дирака
- 3) $\bar{n}_l = \exp\left\{\frac{\mu - \varepsilon_l}{\Theta}\right\}$ С) распределение Бозе-Эйнштейна

ОТВЕТЫ: 1 С, 2 В, 3 А.

101. (60%)МЕЖДУ ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ И ЕГО ТИПОМ

- 1) переход жидкости в газ А) фазовый переход первого рода
- 2) переход твердого тела в жидкость В) фазовый переход второго рода
- 3) переход твердого тела в газ
- 4) переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние
- 5) переход ферромагнетика в парамагнетик
- 6) переход металла в сверхпроводящее состояние
- 7) переход газа в жидкость

ОТВЕТЫ: 1 А, 2 А, 3 А, 4 В, 5 В, 6 В, 7 А.

102. (90%)МЕЖДУ ТИПОМ СТАТИСТИКИ СИСТЕМЫ ОДИНАКОВЫХ ЧАСТИЦ И СПИНОМ ЧАСТИЦЫ

- 1) статистика Ферми-Дирака А) полуцелый спин
- 2) статистика Бозе-Эйнштейна В) целый спин

ОТВЕТЫ: 1 А, 2 В.

103. (50%)МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЕЙ И ЕЕ ЕСТЕСТВЕННЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

- 1) внутренняя энергия U А) давление p и температура T
- 2) свободная энергия F В) объем V и энтропия S
- 3) энтальпия H С) давление p и энтропия S
- 4) термодинамический потенциал Φ D) температура T и объем V

ОТВЕТЫ: 1 В, 2 D, 3 С, 4 А.

104. (50%)СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГИИ РАВНОВЕСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОРРЕКТНО ОПИСЫВАЕТСЯ ФОРМУЛОЙ

- 1) $E(\omega) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} V \exp\left(-\frac{\hbar\omega}{\Theta}\right)$ А) при всех частотах
- 2) $E(\omega) = \frac{\hbar\omega^3 V}{\pi^2 c^3 \left\{ \exp\left(\frac{\hbar\omega}{\Theta}\right) - 1 \right\}}$ В) при низких частотах
- 3) $E(\omega) = \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} \Theta V$ С) при высоких частотах

ОТВЕТЫ: 1 С, 2 А, 3 В.

105. (80%)МЕЖДУ ФУНКЦИЕЙ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УСЛОВИЯМИ, В КОТОРЫХ НАХОДИТСЯ МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

- | | |
|--|---|
| 1) микроканоническое распределение Гиббса | A) замкнутая система при постоянной температуре |
| 2) каноническое распределение Гиббса | B) изолированная система |
| 3) большое каноническое распределение Гиббса | C) открытая система при постоянной температуре |

ОТВЕТЫ: 1 В, 2 А, 3 С.

106. (70%)МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЕЙ И ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ

- | | |
|--|------------------|
| 1) свободная энергия F | A) $U + pV$ |
| 2) энтальпия H | B) $U - TS$ |
| 3) термодинамический потенциал Φ | C) $-pV$ |
| 4) большой термодинамический потенциал J | D) $U - TS + pV$ |

ОТВЕТЫ: 1 В, 2 А, 3 D, 4 С.

107. (70%)МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЕЙ И ЕЕ ПОЛНЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛОМ

- | | |
|--|--------------------------|
| 1) внутренняя энергия U | A) $-SdT - pdV + \mu dN$ |
| 2) свободная энергия F | B) $TdS + Vdp + \mu dN$ |
| 3) энтальпия H | C) $TdS - pdV + \mu dN$ |
| 4) термодинамический потенциал Φ | D) $-SdT - pdV - Nd\mu$ |
| 5) большой термодинамический потенциал J | E) $-SdT + Vdp + \mu dN$ |

ОТВЕТЫ: 1 С, 2 А, 3 В, 4 Е, 5 D.

108. (80%)МЕЖДУ УСЛОВИЯМИ, В КОТОРЫХ НАХОДИТСЯ МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И ФУНКЦИЕЙ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

- | | |
|---|--|
| 1) замкнутая система при постоянной температуре | A) микроканоническое распределение Гиббса |
| 2) изолированная система | B) каноническое распределение Гиббса |
| 3) открытая система при постоянной температуре | C) большое каноническое распределение Гиббса |

ОТВЕТЫ: 1 В, 2 А, 3 С.

109. (60%)МЕЖДУ ТЕПЛОВОЙ МАШИНОЙ И ЦИКЛОМ КАРНО

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1) тепловой насос | A) обратный цикл Карно |
| 2) холодильник | B) прямой цикл Карно |
| 3) тепловой двигатель | |

ОТВЕТЫ: 1 А, 2 А, 3 В.

110. (80%)МЕЖДУ СИСТЕМОЙ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ЧАСТИЦ И СРЕДНИМИ ЧИСЛАМИ ЗАПОЛНЕНИЯ

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1) система тождественных фермионов | A) $\bar{n}_i = \frac{1}{\exp\left\{\frac{\epsilon_i - \mu}{\Theta}\right\} - 1}$ |
| 2) система тождественных бозонов | B) $\bar{n}_i = \frac{1}{\exp\left\{\frac{\epsilon_i - \mu}{\Theta}\right\} + 1}$ |

ОТВЕТЫ: 1 В, 2 А.

111. (80%)МЕЖДУ ТИПОМ СИММЕТРИИ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ МНОГОЧАСТИЧНОЙ СИСТЕМЫ И СПИНОМ ЧАСТИЦ

- 1) симметричная волновая функция А) частицы с целым спином
2) антисимметричная волновая функция В) частицы с полуцелым спином

ОТВЕТЫ: 1 А, 2 В.

112. (70%)МЕЖДУ СПИНОМ ЧАСТИЦ И СРЕДНИМИ ЧИСЛАМИ ЗАПОЛНЕНИЯ

- 1) целый спин А) $\bar{n}_i = \frac{1}{\exp\{\frac{\epsilon_i - \mu}{\Theta}\} - 1}$
2) полуцелый спин В) $\bar{n}_i = \frac{1}{\exp\{\frac{\epsilon_i - \mu}{\Theta}\} + 1}$

ОТВЕТЫ: 1 А, 2 В.

113. (80%)МЕЖДУ НАЧАЛАМИ ТЕРМОДИНАМИКИ И ФОРМУЛАМИ, ИМ СООТВЕТСТВУЮЩИМИ

- 1) первое начало А) $\lim_{T \rightarrow 0} S(T, V, p, \dots) = S_0 = const$
2) второе начало В) $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$
3) третье начало С) $dU = TdS - pdV + \mu dN$

ОТВЕТЫ: 1 С, 2 В, 3 А.

114. (80%)МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ И ПРОИЗВОДНЫМИ БОЛЬШОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

- 1) энтропия S А) $-\left(\frac{\partial J}{\partial \mu}\right)_{V,T}$
2) давление p В) $-\left(\frac{\partial J}{\partial p}\right)_{V,T}$
3) число частиц N С) $-\left(\frac{\partial J}{\partial V}\right)_{T,\mu}$
D) $-\left(\frac{\partial J}{\partial \mu}\right)_{V,p}$
E) $-\left(\frac{\partial J}{\partial T}\right)_{V,\mu}$

ОТВЕТЫ: 1 Е, 2 С, 3 А.

115. (50%)МЕЖДУ ФОРМУЛАМИ И ИХ СМЫСЛОМ

- 1) $\oint \frac{dQ}{T} > 0$ А) интеграл Клаузиуса для обратимых циклов
2) $\oint \frac{dQ}{T} \geq 0$ В) интеграл Клаузиуса для необратимых циклов
3) $\oint \frac{dQ}{T} < 0$ С) интеграл Клаузиуса для любых циклов
4) $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$ Д) неправильная формула
5) $\oint \frac{dQ}{T} = 0$

ОТВЕТЫ: 1 Д, 2 Д, 3 В, 4 С, 5 А.

116. (80%)МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ И ПРОИЗВОДНЫМИ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ

- 1) давление p А) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S$

- 2) температура T
- В) $-\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S$
 С) $-\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_P$
 D) $\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V$
 E) $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_P$

ОТВЕТЫ: 1 В, 2 D.

117. (80%)МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ И ПРОИЗВОДНЫМИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

- 1) энтропия S
- А) $\left(\frac{\partial \Phi}{\partial p}\right)_T$
- 2) объем V
- В) $\left(\frac{\partial \Phi}{\partial S}\right)_V$
 С) $-\left(\frac{\partial \Phi}{\partial p}\right)_T$
 D) $\left(\frac{\partial \Phi}{\partial T}\right)_P$
 E) $-\left(\frac{\partial \Phi}{\partial T}\right)_P$

ОТВЕТЫ: 1 E, 2 A.

118. (80%)МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ И ПРОИЗВОДНЫМИ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ

- 1) энтропия S
- А) $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$
- 2) давление p
- В) $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$
 С) $-\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$
 D) $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_P$
 E) $-\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$

ОТВЕТЫ: 1 C, 2 E.

119. (80%)МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ И ПРОИЗВОДНЫМИ ЭНТАЛЬПИИ

- 1) температура T
- А) $\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P$
- 2) объем V
- В) $-\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P$
 С) $-\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S$
 D) $\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_S$
 E) $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S$

ОТВЕТЫ: 1 A, 2 E.

120. (70%)МЕЖДУ ФОРМУЛАМИ И ИХ СМЫСЛОМ

- | | |
|---|---|
| 1) $\dot{S} = \sum_k X_k J_k$ | A) принцип симметрии кинетических коэффициентов |
| 2) $J_l = \sum_k L_{lk} X_k$ | B) теорема о производстве энтропии |
| 3) $L_{ik}(\vec{H}) = L_{ki}(-\vec{H})$ | C) связь термодинамических потоков и сил |
| 4) $L_{ik} = L_{ki}$ | D) принцип симметрии кинетических коэффициентов при наличии магнитного поля |

ОТВЕТЫ: 1 B, 2 C, 3 D, 4 A.