

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

## **6 Семестр**

### **Раздел 1 Основные положения статистической механики. Распределения статистической физики. Термодинамические соотношения**

#### **1.1 Контрольная работа (к.р) - 8 Неделя**

##### **Комплект заданий для контрольной работы**

Ниже приведен перечень оценочных средств, используемых при проведении текущего контроля успеваемости студентов.

##### **Тема 1. Распределение Гиббса.**

###### **Контрольная работа №1. Вариант 1.**

1. Запишите распределение Гиббса и определение статистической суммы в квантовом случае.
2. Найти  $E(T)$  и  $C(T)$  для системы из  $N$  классических осцилляторов
3. Найти кратность вырождения и энтропию  $N$  двухуровневых систем с общей энергией  $E$  (уровни энергии у систем  $-\epsilon_0$  и  $\epsilon_0$ ).
4. Идеальный газ из  $N$  одноатомных молекул массы  $m$  находится во вращающемся с угловой скоростью  $\omega$  цилиндрическом сосуде с радиусом основания  $R$  и высотой  $H$ .
  - a) Определите  $E(T)$ .
  - б) Найдите зависимость средней плотности газа от координат.

Выполняется в течение 70 минут. Оценивается по 5-балльной системе.

###### **Контрольная работа №1. Вариант 2.**

1. Запишите распределение Гиббса и определение статистической суммы в классическом случае.
2. Найти  $E(T)$  и  $C(T)$  для  $N$  двухуровневых систем (уровни энергии у систем  $-\epsilon_0$  и  $\epsilon_0$ ).
3. Для системы из  $N$  классических роторов вычислите  $E(T)$ . Функция Гамильтона  $H = \frac{p_\theta^2}{2I} + \frac{p_\phi^2}{2I\sin^2\theta}$ .
4. Газ из  $N$  одноатомных молекул находится в сосуде объема  $V$  в поле тяжести Земли.
  - а) Определить  $E(T)$ .
  - б) Рассмотрите предельный случай  $mgh \ll T$ .

##### **Тема 2. Термодинамика.**

###### **Контрольная работа №2. Вариант 1.**

1. Докажите, что  $\left(\frac{dV}{dT}\right)_P \rightarrow 0$  при  $T \rightarrow 0$ .
2. Энтропия идеального газа имеет вид  $S = NS_0 + N \ln \frac{V}{N} + c_V \ln T$ 
  - а) Вывести эту формулу

б) Сосуд разделен на 2 части перегородкой. В обеих частях находится N частиц идеального газа при температуре T. Объем левой части - V<sub>1</sub>, правой - V<sub>2</sub>. Перегородку выдернули. Найти изменение энтропии, в случае, когда газы в обеих частях сосуда одинаковые.

3. Уравнение состояния системы имеет вид P = P<sub>0</sub> (1 + α T - β V), а ее теплоемкость C<sub>V</sub> является константой. Найдите энтропию системы и уравнение адиабаты.

4. Внутренняя энергия единицы объема газа ε(T) зависит только от температуры, а уравнение состояния имеет вид P =  $\frac{\varepsilon(T)}{3}$ . Найти внутреннюю энергию и энтропию такого газа.

### **Контрольная работа №2. Вариант 2.**

1. Докажите, что  $\left(\frac{dP}{dT}\right)_V \rightarrow 0$  при  $T \rightarrow 0$ .

2. Энтропия идеального газа имеет вид S = NS<sub>0</sub> + N ln  $\frac{V}{N}$  + c<sub>V</sub> ln T

а) Вывести эту формулу

б) Сосуд разделен на 2 части перегородкой. В обеих частях находится N частиц идеального газа при температуре T. Объем левой части - V<sub>1</sub>, правой - V<sub>2</sub>. Перегородку выдернули. Найти изменение энтропии, в случае, когда газы в обеих частях сосуда разные.

3. Уравнение состояния системы имеет вид V = V<sub>0</sub> (1 + α(T - T<sub>0</sub>)), а ее теплоемкость C<sub>p</sub> является константой. Найдите энтропию системы и уравнение адиабаты.

4. Выразить величины  $\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_E, \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_E$  через легко измеримые и выяснить эффективность холодильника, в котором газ расширяется в теплоизолированный сосуд для газа Ван-дер-Ваальса. Уравнение Ван-дер-Ваальса  $(P + \frac{N^2}{V^2}a)(V - Nb) = NT$ .

### **Методика оценки результатов выполнения контрольной работы**

При оценке результатов выполнения контрольной работы, учитывается, прежде всего, количество правильно решенных задач. В задачах, решенных неправильно может учитываться ход решения.

Критерии оценки, представлены в следующей таблице:

Код	Вид оценочного средства	Критерии	Пересчет в соответствии с текущим контролем	Максимальный балл – минимальный балл
КР-1 – КР-2	Контрольные работы №1-2	выставляется студенту если 90-100% задач выполнено правильно	23-25	25 – 15
		выставляется студенту если 80-89% задач выполнено правильно	17-22	

		выставляется студенту если 60-79% задач выполнено правильно	<b>15-17</b>	
		при ответе студента менее чем на 60% задач задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течении семестра или на зачетной неделе	<15	

## **Раздел 2 Идеальный газ. Квантовые газы. Твердое тело. Плазма**

### **2.1 Контрольная работа (к.р) - 15 Неделя**

#### **Комплект заданий для контрольной работы**

Ниже приведен перечень оценочных средств, используемых при проведении текущего контроля успеваемости студентов.

#### **Тема 3. Идеальный газ.**

##### **Контрольная работа №3. Вариант 1.**

1. Найдите средний модуль скорости идеального одноатомного газа при температуре  $T$ .
2. В банке с идеальным газом температуры  $T$  имеется небольшое отверстие площади  $S$ . Найти отношение модуля средней скорости истечения газа из банки к модулю средней скорости молекул газа в банке.
3. Найти  $\langle (\Delta n_i)^2 \rangle$  для распределения Бозе-Эйнштейна.  $w(n_i) = \left(1 - e^{\frac{\mu - \varepsilon_i}{T}}\right) e^{\frac{\mu - \varepsilon_i}{T} n_i}$ .

##### **Контрольная работа №3. Вариант 2.**

1. Найдите средний квадрат скорости идеального одноатомного газа при температуре  $T$ .
2. Найти форму спектральной линии излучения атома идеального газа (допплеровское уширение), считая, что покоящийся атом излучает монохроматически с частотой  $\omega_0$ . Формула для эффекта Допплера в нерелятивистском случае  $\omega = \omega_0 \left(1 + \vec{n} \frac{\vec{v}}{c}\right)$ ,  $v \ll c$ .
3. Найти  $\langle (\Delta n_i)^2 \rangle$  для распределения Ферми-Дирака.  $w(n_i) = \frac{e^{\frac{\mu - \varepsilon_i}{T} n_i}}{\left(1 + e^{\frac{\mu - \varepsilon_i}{T}}\right)}$ .

#### **Тема 4. Квантовые газы.**

##### **Контрольная работа №4. Вариант 1.**

1. Выразить импульс Ферми для электронного газа при  $T=0$  через концентрацию частиц.
2. Выведите формулу для оценки радиуса белого карлика.
3. Найдите концентрацию свободных носителей в собственном полупроводнике при температуре  $T$ , если известны эффективные массы электронов и дырок  $m_e$  и  $m_h$  и значения энергий верхнего состояния в валентной зоне  $\varepsilon_v$  и нижнего состояния в зоне проводимости  $\varepsilon_c$ .
4. Оцените температуру Солнца, исходя из равновесия на Земле.

##### **Контрольная работа №4. Вариант 2.**

1. Вычислите давление электронного газа при  $T=0$ .
2. Выведите формулу для оценки радиуса нейтронной звезды.
3. Вычислите спиновую парамагнитную восприимчивость электронного газа при  $T=0$ .
4. Оцените температуру Солнца, исходя из равновесия на Земле.

### **Методика оценки результатов выполнения контрольной работы**

При оценке результатов выполнения контрольной работы, учитывается, прежде всего, количество правильно решенных задач. В задачах, решенных неправильно, может учитываться ход решения.

Критерии оценки, представлены в следующей таблице:

<b>Код</b>	<b>Вид оценочного средства</b>	<b>Критерии</b>	<b>Пересчет в соответствии с текущим контролем</b>	<b>Максимальный балл – минимальный балл</b>
KP-1 – KP-2	Контрольные работы №1-2	выставляется студенту если 90-100% задач выполнено правильно	<b>23-25</b>	25 – 15
		выставляется студенту если 80-89% задач выполнено правильно	<b>17-22</b>	
		выставляется студенту если 60-79% задач выполнено правильно	<b>15-17</b>	
		при ответе студента менее чем на 60% задач задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течении семестра или на зачетной неделе	<b>&lt;15</b>	

## **6 Семестр**

### **Зачет с оценкой**

#### **БИЛЕТ № 1**

1. Принцип равных вероятностей и микроканоническое распределение.
2. Термодинамические величины слабонеидеальной классической плазмы.

#### **БИЛЕТ № 2**

1. Каноническое распределение Гиббса. Температура.
2. Интерполяционная формула Дебая.

#### **БИЛЕТ № 3**

1. Большое каноническое распределение. Химический потенциал.
2. Равновесие в химических реакциях. Закон действующих масс.

#### **БИЛЕТ № 4**

1. Основное термодинамическое тождество. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
2. Вырожденный электронный газ при нулевой температуре. Энергия Ферми. Давление.

#### **БИЛЕТ № 5**

1. Максимальная работа в круговом процессе. Цикл Карно.
2. Термодинамические величины Бозе-газа при температуре ниже критической.

#### **БИЛЕТ № 6**

1. Термодинамические величины идеального классического одноатомного газа.
2. Условия равновесия фаз. Уравнение кривой фазового равновесия.

#### **БИЛЕТ № 7**

1. Микроканоническое распределение.
2. Распределение Maxwella. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул.

#### **БИЛЕТ № 8**

1. Слабонеидеальный классический газ. Уравнение Van-дер-Ваальса.
2. Равновесное излучение. Формула Планка.

#### **БИЛЕТ № 9**

1. Энтропия. Вычисление энтропии для различных ансамблей.
2. Теплоемкость Ферми-газа при низкой температуре.

#### **БИЛЕТ № 10**

1. Термодинамические величины идеального двухатомного газа.
2. Распределения Ферми и Бозе для идеального газа. Критерий вырождения.

#### **БИЛЕТ № 11**

1. Распределение по энергии идеального газа как целого.
2. Распределение Больцмана. Критерий невырожденности идеального газа.

#### **БИЛЕТ № 12**

1. Зависимость термодинамических величин от числа частиц.

2. Распределения Максвелла и Больцмана. Вычисление средних.

### **БИЛЕТ № 13**

1. Слабонеидеальный классический газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
2. Распределение Больцмана в классической статистике. Барометрическая формула.

### **БИЛЕТ № 14**

1. Равновесное излучение. Формула Планка.
2. Распределение Больцмана в классической статистике. Барометрическая формула.

### **БИЛЕТ № 15**

1. Основное термодинамическое тождество. Работа и количество тепла. Теплоемкость.
2. Термодинамические величины Бозе-газа при температуре ниже критической.

### **БИЛЕТ № 16**

1. Энтропия. Вычисление энтропии для различных ансамблей.
2. Вырожденный электронный газ при нулевой температуре. Энергия Ферми. Давление.

### **БИЛЕТ № 17**

1. Принцип равных вероятностей. Микроканоническое распределение.
2. Термодинамические величины равновесного излучения.

### **БИЛЕТ № 18**

1. Большое каноническое распределение. Вычисление среднего значения и флуктуации числа частиц.
2. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

### **БИЛЕТ № 19**

1. Термодинамические величины идеального классического одноатомного газа.
2. Равновесное излучение. Формула Планка.

### **БИЛЕТ № 20**

1. Распределение Ферми.
2. Термодинамические величины слабонеидеальной классической плазмы.

### **Методика оценки результатов сдачи зачета**

**«ОТЛИЧНО»** (45-50 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопрос билета, четко формулирует ответ.

**«ХОРОШО»** (35-44 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценный ответ на вопрос билета.

**«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (30-34 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов.

**«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (ниже 30 баллов) - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета; не способен ответить на вопрос билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.