

**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  $H$ .
  - а) 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 ротаторов 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 -  $V_1$ , правой -  $V_2$ . Перегородку выдернули. Найти изменение энтропии, в случае, когда газы в обеих частях сосуда одинаковые.

3. Уравнение состояния системы имеет вид  $P = P_0 (1 + \alpha T - \beta V)$ , а ее теплоемкость  $C_V$  является константой. Найдите энтропию системы и уравнение адиабаты.

4. Внутренняя энергия единицы объема газа  $\varepsilon(T)$  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  $S = NS_0 + N \ln \frac{V}{N} + c_V \ln T$

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 -  $V_1$ , правой -  $V_2$ . Перегородку выдернули. Найти изменение энтропии, в случае, когда газы в обеих частях сосуда разные.

3. Уравнение состояния системы имеет вид  $V = V_0 (1 + \alpha(T - T_0))$ , а ее теплоемкость  $C_P$  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	<b>&lt;15</b>	

## 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 (доплеровское уширение), считая, что покоящийся атом излучает монохроматически с частотой  $\omega_0$ . Формула для эффекта Доплера 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:

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	<b>23-25</b>	<b>25 – 15</b>
		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 Максвелла. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул.

#### БИЛЕТ № 8

1. Слабонеидеальный классический газ. Уравнение Ван-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.