

## Домашнее задание №2

**Задача 1.** Определить теплоемкость системы из  $N$  независимых гармонических осцилляторов, каждый из которых обладает  $(n+1)$  кратно вырожденными уровнями энергии

$$\varepsilon_n = (n+1)\hbar\omega, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

**Задача 2.** Известно, что в простейшем случае для спиновых волн в ферромагнетиках имеет место следующий закон дисперсии:  $\omega = A \cdot k^2$ , где  $\mathbf{k}$  - волновой вектор спиновой волны,  $A$  - постоянная величина. Определить, какой вклад вносят эти возбуждения в теплоемкость кристаллов при низких температурах.

**Задача 3.** Пользуясь большим каноническим распределением Гиббса, найти зависимость энтропии от среднего числа частиц в одночастичном стационарном состоянии для идеальных газов, подчиняющихся статистикам Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

**Задача 4.** Показать, что производная по температуре теплоемкости идеального трехмерного бозе-газа испытывает скачок при температуре бозе-конденсации.

**Задача 5.** Возможна ли существование Бозе-конденсации идеального двумерного одноатомного газа?

**Задача 6.** Найти теплоемкость и уравнение состояния вырожденного и невырожденного идеального двумерного электронного газа.

**Задача 7.** Показать, что для примесного полупроводника произведение концентрации дырок на концентрацию электронов равно квадрату концентрации электронов (дырок) в собственном полупроводнике.

**Задача 8.** Определить ток термоэлектронной эмиссии из металла с работой выхода  $W$ . Считать, что  $W - \mu \gg T$ , где  $\mu$  - уровень химического потенциала

**Задача 9.** Определить для невырожденного электронного газа коэффициенты электропроводности и теплопроводности металла, если вдоль оси  $Ox$  существует стационарный градиент температуры  $\frac{\partial T}{\partial x} = const$  и приложено стационарное поле  $E$ , а

время релаксации зависит от скорости электрона как  $\tau = A v^\ell$ , где  $A > 0$ ,  $\ell > -7$ .

**Задача 10.** Внутри шара радиуса  $R$  с постоянной плотностью распределены частицы массы  $m$  при температуре  $T$ . В момент времени  $t = 0$  оболочка исчезает и начинается свободный разлет частиц. Пренебрегая столкновениями частиц, определить плотность частиц, как функцию времени.