

北 京 科 技 大 学

2011 年硕士学位研究生入学考试试题

试题编号: 808 试题名称: 统计物理 (共 2 页)

适用专业: 材料科学与工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

一. 解释概念或回答问题 (每题 6 分, 共 60 分)

1. 弛豫时间以及波耳兹曼方程成立条件?
2. 写出正则分布的量子表达式, 并画出概率 $\rho(E)$ 与系统能量 E 关系曲线。
3. 引入统计系综的原因? 系综与体系的关系是什么?
4. 什么是费米动量, 写出其表达式 (三维情况)。
5. 写出一个量子态上的声子、光子和自由电子的平均个数。
6. 分别从微观上和宏观上写出或说明气体非简并性条件。
7. 分布与微观与状态的关系?
8. 量子统计与经典统计的异同?
9. 量子统计与经典统计对微观粒子微观运动状态描述的区别?
10. 等概率原理以及在统计物理学中的作用和地位?

二. 叙述题 (每题 6 分, 共 18 分)

- (1) 爱因斯坦(Einstin)模型存在什么问题? 波恩(Born)是如何进一步发展的?
- (2) 波恩(Born)模型存在什么问题? 德拜(Debye)是如何进一步发展的?
- (3) 德拜(Debye)模型存在什么问题? 索末菲(Sommerfeld)是如何进一步发展的?

三. (每题 11 分, 共 22 分) 仿照三维固体的德拜理论, 讨论面积为 L^2 的原子层 (二维晶格) 的情况:

- (1) 证明声子频谱为 $D(\omega)d\omega = \frac{L^2}{2\pi} \left(\frac{1}{c_l^2} + \frac{2}{c_t^2} \right) \omega d\omega$; (c_l 为纵波传播速度, c_t 为横波传播速度)

(2) 在高温 ($\frac{\eta\omega_D}{kT} \ll 1$) 和低温 ($\frac{\eta\omega_D}{kT} \gg 1$) 下的内能和热容量。(ω_D 为德拜频率)

提示: $\int_0^\infty \frac{x^2}{e^x - 1} dx = 2.404$

四. (15 分) 一块固体由 N 个自旋为 1, 彼此间没有相互作用的核组成, 因此, 每个核均可处在由量子数 m ($m = 0, \pm 1$) 标志的三个量子态中的任一状态, 由于与固体内部场的相互作用, 一个核在 $m=1$ 态或 $m=-1$ 态是有相同的能量 ε ($\varepsilon > 0$), 而在 $m=0$ 态时, 它的能量为零。根据玻尔兹曼统计求 (1) N 个核组成的系统的配分函数和一个核子的配分函数 (2) 系统自由能 (3) 系统熵 (4) 系统内能 (5) 当 $\varepsilon \ll kT$ 时, 系统热容量。

五. (12 分) 试证明, 对于费米系统, 熵可表示为:

$$S = -k \sum_s [f_s \ln f_s + (1 - f_s) \ln(1 - f_s)]。$$

其中 f_s 为量子态 s 上的平均粒子数, \sum_s 对粒子的所有量子态求和。

六. (14 分) 写出三种不满足非简并性条件的体系 (3 分), 求出单原子分子理想气体熵 S (11 分)。

七. (9 分) 某系统由近独立粒子组成, 粒子只有三个:

$$\text{能级为: } \varepsilon_1 = \varepsilon, \quad \varepsilon_2 = 2\varepsilon, \quad \varepsilon_3 = 3\varepsilon$$

$$\text{相应的简并度为: } \omega_1 = 1, \quad \omega_2 = 2, \quad \omega_3 = 3$$

试写出下述三种情况下系统的配分函数

- (1) 粒子是定域的;
- (2) 粒子是不可分辨的, 但受泡利原理的约束
- (3) 粒子是不可分辨的, 但不受泡利原理的约束

(注意: 只要求写出相应的配分函数的表达式, 可以不计算结果)