

北 京 科 技 大 学  
2009 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、解释如下概念 (20 分)

(1) 系综 (2) 经典极限条件 (3) 玻色—爱因斯坦凝聚 (4) 最概然分布 (5) Einstein 固体热容量理论模型

二、回答问题 (50 分)

- (1) 写出玻尔兹曼关系表达式, 简述公式的物理意义, 并用此公式对热力学的熵增加原理给以解释。
- (2) 写出玻耳兹曼分布配分函数的经典和量子表达式, 写出正则分布配分函数的经典和量子表达式。
- (3) 经典能量均分定理的内容是什么? 列举出 3 种不满足经典能量均分定理的情形。
- (4) 何为  $\mu$  空间和  $\Gamma$  空间? 如何用它们描述系统的微观状态?
- (5) 写出稳恒状态下的玻耳兹曼方程。

三、(15 分) 某系统由  $N$  个近独立粒子组成, 粒子只有三个:

能级为:  $\varepsilon_1 = \varepsilon$ ,  $\varepsilon_2 = 2\varepsilon$ ,  $\varepsilon_3 = 3\varepsilon$

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

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)

四、(9分) 写出以下三种情况下的平均离子数  $f$ :

- (1) 声子气体: 频率为  $\omega$  的一个量子态的平均粒子数;
- (2) 光子气体: 频率为  $\nu$  的一个量子态的平均粒子数;
- (3) 金属中的自由电子气体: 能量为  $\varepsilon$  的一个量子态的平均粒子数。

五、(15分) 试证明, 对于玻色系统, 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、(15分) 由  $N$  个近独立粒子组成的体系, 每个粒子只有两个能级  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$  且  $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ , 能级非简并。

- (1) 求处于二能级的几率的比,
- (2) 不必计算, 定出低温和高温两种极限情况下, 系统的平均能量  $\bar{E}$ ;
- (3) 画出  $\bar{E} \sim T$  曲线的大体形状和  $C_V \sim T$  曲线的大体形状;

七、(26分) 试分别用量子统计和经典统计, 计算双原子分子理想气体的内能和热容量 (1) 平动部分;

(2) 振动部分, 注意不用讨论低温和高温情况; (3) 转动部分, 对于转动部分只用经典统计求解。

这里给出双原子分子能量表达式:

$$\text{量子表达式 } \varepsilon = \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + (n + \frac{1}{2})\hbar\omega + \frac{l(l+1)\hbar^2}{2I}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \text{ 振动能级简并度为 } 1,$$

$$l = 0, 1, 2, \dots;$$

$$\text{经典表达式 } \varepsilon = \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + \frac{1}{2I}(p_\theta^2 + \frac{1}{\sin^2 \theta} p_\phi^2) + \frac{1}{2\mu}(p_r^2 + \mu^2 \omega^2 r^2)$$