

兰州大学 2022~2023 学年第 一 学期

期末考试试卷 (A 卷)

课程名称: 热学基础 II 任课教师: 谭磊、庞华、杨德政

学院: 物理学院 专业: 年级:

姓名: 校园卡号:

题号	一	二	三	四	五	总分
分数						

一、热力学基本定律与特性函数

(1) 温度是热力学平衡的重要物理量, 请简述热平衡定律的内容及含义, 并写出温度的统计表达式。(以玻尔兹曼统计为例)

(2) 什么是经典极限条件? 请简述并说明其物理意义。

(3) 吉布斯函数与内能的数学关系是什么? 请在开系 (PVT 系统) 中写出内能、吉布斯函数的微分。

(4) 内能的增加可以由做功和导热提供, 请从统计物理的角度写出它们的微观机理和区别。

二、热力学方程

(1) TdS 方程是一种重要的基本微分方程。请在封闭系统下以 T, P 为自变量写出此时的 TdS 方程。

(2) 根据第一问所得, 说明并分析在绝热膨胀下, 温度如何变化。

(3) 以 T、P 为基本变量的特性函数是什么? 以这个特性函数的方法说明求解均匀系的热力学问题的思路。

(4) 相平衡时有很多性质, 请导出在气相与凝聚相 (固相或液相) 在平衡时 P、T 的关系。

三、统计物理与最概然分布

(1) 在某全同粒子不可分辨, 且满足泡利不相容原理的系统下, 设能级为 ε_l , 简并度为 ω_l , 请导出其微观状态数及最概然分布。

(2) 试在绝对零度条件下, 导出单分子自由电子气体的内能、压强。

(3) 在晶体中有两种缺陷间隔, 一种能量为 E_1 , 另一种能量为 E_2 , 已知有 N 个原子, 求出其微观状态数与最概然分布与温度的关系。

四、系综理论

(1) 系综是如何描述物理系统的? 什么是正则系综?

(2) 证明正则系综中 $\rho = Ce^{-\beta E_s}$ 。

五、有人认为, 统计物理是建立在力学基础上的学科, 因此统计规律总可以总结为力学规律, 这种说法是否正确? 请说明你的看法。

提示与简要参考（具体题目与答案可能有偏差，仅供参考）

一、

（1）略

（2） $e^{-\alpha} = n\lambda^3 = n\left(\frac{h^2}{2\pi mkT}\right)^{\frac{3}{2}} \ll 1$ ，满足经典极限条件即可近似成玻尔兹曼分布处理。

（3） $G = U - TS + pV$ 、 $dG = -SdT + Vdp + \mu dn$

（4）略

二、

（1）教材 P44

（2）降低

（3）吉布斯函数

$$dG = -SdT + Vdp$$

利用麦氏关系与热容求 S，再求解微分方程即可。

（4）教材 P68

三、

（1）为费米分布教材 P149、P153

$$\Omega = \frac{\omega_l!}{a_l!(\omega_l - a_l)!} \quad a_l = \frac{\omega_l}{1 + e^{\alpha + \beta \varepsilon_l}}$$

（2）教材 P198

绝对零度下，能量低于 $\mu(0)$ 时平均电子数为 1，高于则为 0，故

$$\frac{4\pi V}{h^3} (2m)^{\frac{3}{2}} \int_0^{\mu(0)} \varepsilon^{\frac{1}{2}} d\varepsilon = N$$

解得

$$\mu(0) = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{\frac{2}{3}}$$

则可计算内能

$$U(0) = \frac{4\pi V}{h^3} (2m)^{\frac{3}{2}} \int_0^{\mu(0)} \varepsilon^{\frac{3}{2}} d\varepsilon = \frac{3}{5} N \mu(0)$$

压强则为

$$p(0) = \frac{2}{3} \frac{U(0)}{V} = \frac{2}{5} n \mu(0)$$

（3）相似习题：（7.7）微观状态数为

$$\Omega = \frac{N!}{n_1!(N - n_1!)}$$

取其对数，并用近似公式可得

$$\ln \Omega = N \ln N - n_1 \ln n_1 - (N - n_1) \ln(N - n_1)$$

考虑到能量守恒，故有

$$E = NE_2 + (E_1 - E_2)n_1$$

故有

$$\delta \ln \Omega - \beta \delta E = 0$$

代入可得

$$\left[\ln \frac{N-n_1}{n_1} - \beta(E_1 - E_2) \right] \delta n_1 = 0$$

则有

$$n_1 = \frac{N}{1 + e^{\frac{E_1 - E_2}{kT}}} \quad n_2 = \frac{N e^{\frac{E_1 - E_2}{kT}}}{1 + e^{\frac{E_1 - E_2}{kT}}}$$

四、提示： $\ln \Omega = \ln \Omega(E_0) - \left(\frac{\partial \ln \Omega_r}{\partial E_r} \right) E_s$ 。 见教材 P216

五、合理即可