

中国科学院大学
2013 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题
科目名称：固体物理

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上一律无效。
3. 可以使用无字典存储和编程功能的电子计算器。

一、简答题 (共 50 分，每小题 10 分)

- (1) 请分别写出简单立方晶格的 (111) 面与 (110) 面、(111) 面与 (100) 面交线的晶向指数。
- (2) 请简述石墨晶体结构的特点，并指出石墨中碳原子之间主要有哪些形式的相互作用。
- (3) 假设对于某一晶体，其晶格振动是严格简谐的，请问该晶体是否具有热膨胀效应？并简要说明原因。
- (4) 请分别写出布洛赫函数和布洛赫定理。
- (5) 请问什么是费米面？并说出碱金属费米面的形状。

二、(20 分) 已知锆单晶的密度 $\rho = 5.32 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，锆的原子量为 72.60，求锆单晶的点阵常数、最近邻原子间的距离和次近邻原子间的距离。(阿伏伽德罗常数为 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$)

三、(20 分) ^3He 原子是自旋为 1/2 的费米子。在绝对零度附近，液体 ^3He 密度为 0.081 g/cm^3 。已知 ^3He 原子的质量为 $m = 5 \times 10^{-24} \text{ g}$ ，请计算出 ^3He 费米子系统的费米波矢、费米能量和费米温度 (保留 2 位有效数字即可)。(普朗克常数 $\hbar = 1.055 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ，玻耳兹曼常数 $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

四、(30 分) 设有一晶体材料，其电子周期势场的势能函数为

$$V(x) = \begin{cases} \frac{m\omega^2[b^2 - (x - na)^2]}{2}, & na - b \leq x < na + b \\ 0, & (n-1)a + b \leq x < na - b \end{cases}$$

其中 $a = 4b$ ， m 和 ω 为常数，

- (1) 试画出此势能曲线，并求出势能的平均值；
- (2) 请问满足什么条件时才可用近自由电子近似模型？
- (3) 用近自由电子近似模型求出晶体的第一个禁带宽度 E_{g1} 。

(可能用到的积分公式： $\int e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a} + C$ ， $\int xe^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a^2}(ax - 1) + C$ ，

$$\int x^2 e^{ax} dx = \frac{x^2 e^{ax}}{a} - \frac{2}{a} \int xe^{ax} dx)$$

- (4) 请粗略画出该晶体的能带图，并在图中标出 E_{g1} 。

五、(30 分) 对于某一双原子链形成的一维复式晶格，其中两种原子的质量分别为 $m = 4 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ， $M = 16 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，平衡时相邻原子之间的距离为 $a = 2 \times 10^{-10} \text{ m}$ ，恢复力常数 $\beta = 5 \text{ N/m}$ ；

- (1) 求声学波和光学波的色散关系表达式；
- (2) 请计算出声学波声子频率的最大值、光学波声子频率的最小值和最大值，并分别说明这些频率所对应的原子振动情况；
- (3) 计算声子能隙的大小；
- (4) 求长声学波在该一维复式晶格中的波速。