

北京师范大学
2005 年招收攻读硕士学位研究生入学考试试题

专业：凝聚态物理学

科目代码：461

研究方向：凝聚态物理学专业各方向

考试科目：固体物理学

【注意】答案写在答题纸上，写在试题上无效。

一、选择题（每题 2 分，共 20 分）

1. () 布拉伐格子为体心立方的晶体是
A. 钠 B. 金 C. 氯化钠 D. 氯化铯
2. () 下列晶体的晶格为简单晶格的是
A. 硅 B. 冰 C. 银 D. 金刚石
3. () 立方晶系的布拉伐格子共有几种？
A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
4. () 二维正方形晶格的点对称操作共有
A. 2 个 B. 4 个 C. 6 个 D. 8 个
5. () 晶格常数为 a 的一维单原子链，倒格子基矢的大小为
A. a B. $2a$ C. π/a D. $2\pi/a$
6. () 晶格振动的能量量子称为
A. 极化子 B. 激子 C. 声子 D. 光子
7. () 金刚石晶体晶格振动的光学波支数为
A. 0 B. 1 C. 2 D. 3
8. () 低温下三维晶格热容与温度 T 的关系是正比于
A. T^0 B. T^1 C. T^2 D. T^3
9. () 对于晶体中的螺位错，其位错线与滑移矢的关系为
A. 互相平行 B. 夹角 45 度 C. 互相垂直 D. 无关
10. () 半导体 Si 中的施主杂质是
A. P B. Al C. B D. Ge

二、(10 分) 试证面心立方的倒格子是体心立方。

三、(10 分) 由 N 个相同原子形成的一维单原子链，原子间距为 a ，对于晶格振动行波解

$u_n = Ae^{i(\omega t - qna)}$ ，试由玻恩-卡曼周期性边界条件确定波矢 q 的具体分立取值。

四、(10 分) 质量均为 m 的两种原子构成一维线性链，原子间距为 a ，力常数交错地为 β 和 10β 。

在最近邻近近似下求出该一维原子链晶格振动的色散关系并画出示意图。

五、(10 分) N 个基元构成的钠晶体、铜晶体和金刚石晶体，其相邻两原子之间的相互作用能分别为 u_1 、 u_2 和 u_3 ，只计最近邻相互作用，分别求出钠晶体、铜晶体和金刚石晶体总的相互作用能 U_1 、 U_2 和 U_3 。

科目代码: 461

考试科目: 固体物理学

六、(10 分) 证明倒格矢 $\bar{G}_h = h_1 \bar{b}_1 + h_2 \bar{b}_2 + h_3 \bar{b}_3$ 与晶面 $(h_1 h_2 h_3)$ 垂直, 并证明倒格矢 \bar{G}_h 的长度是晶面簇 $(h_1 h_2 h_3)$ 面间距倒数的 2π 倍.

七、(10 分) 由 N 个分子组成的某离子晶体, 离子之间的相互作用势能表示为

$$U = N \left(-\frac{Me^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{R}{r^p} \right), \text{ 其中 } M \text{ 是马德隆常数, } R \text{ 和 } p \text{ 是与 } r \text{ 无关的常数. 证明}$$

$$(1) \text{ 设平衡离子间距为 } a, \text{ 则平衡时的相互作用势能可以表示为 } U = -N \frac{p-1}{p} \frac{Me^2}{4\pi\epsilon_0 a};$$

(2) 该离子晶体结构稳定的条件是 $p > 1$.

八、(10 分) 求出一维单原子链晶格振动的频率分布函数 $\rho(\omega)$.

九、(10 分) 设晶体中每个振子的零点振动能为 $\frac{1}{2} \hbar \omega$, 用德拜模型求整个晶体的零点振动能.

十、(10 分) 定义平移算符 T 为 $Tf(x) = f(x+a)$, $f(x)$ 是任意函数. 对于 N 个原子组成的晶格常数为 a 的一维单原子链, 其电子波函数 ψ 满足 $T\psi = \mu\psi$. 在玻恩-卡曼周期性边界下证明 $\mu = e^{i2\pi l/N}$, l 为整数.

十一、(10 分) 电子在势能函数为 $V(x) = -2V_0 \cos(\frac{2\pi}{a}x)$ 的周期场中运动. 在近自由电子近似下, 计算电子的第一个和第二个带隙宽度, 其中 $V_0 > 0$.

十二、(10 分) 在紧束缚近似下, 求出晶格常数为 a 的二维正方晶格中 s 态电子对应的能带 $E_s(\vec{k})$ 表达式.

十三、(10 分) 周期为 d 的一维晶体的电子能带函数为 $E(k) = \frac{W}{2}(1 - \cos kd)$, 计算 (1) 能带底的能量和能带宽度; (2) 波矢 k 状态的电子速度 $v(k)$; (3) 电子有效质量 $m^*(k)$ 及其能带底处的值; (4) 外加电场 F 作用下, 能带底处电子的加速度. 其中 $W > 0$.

十四、(10 分) 分别指出晶格振动谱、半导体电子的有效质量和金属费米面的实验测量方法; 指出 n 型半导体和 p 型半导体的实验判别方法, 具体如何判别?