

固体物理 A-zj-26

注：回忆版，后四题差别有点大

1. 一维碳原子链，交替形成单键和双键，双键长为 b ，晶格常数 $a = 3b$ 。求晶格矢量（基矢）和基元、几何结构因子。 $\cdots - C = C - C = C - \cdots$

2. 金属铜（Cu）的摩尔热容：

$$C(0.5\text{ K}) = 3.5 \times 10^{-4} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}), \quad C(1\text{ K}) = 7.4 \times 10^{-4} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}), \quad C(2\text{ K}) = 1.77 \times 10^{-3} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}).$$

求电子比热的贡献系数。

3. 金内电子气费米面视为球面。金密度 $\rho = \dots$ 、相对原子质量 $M = \dots$ ，金为单价。求费米能量、费米速度、费米半径以及费米温度。

4. 两个价带，价带顶均位于 $\mathbf{k} = 0$ 处，带顶能量相等。空穴有效质量 $M_2 = 5M_1$ 。画出两条色散关系曲线。

5. 均匀磁场 $B = 5\text{ T}$ ，电子的有效质量为 $m^* = 0.2m_e$ (m_e 为电子静止质量)。求朗道能级间距。

6. 固体热容理论中，经典杜隆-珀蒂定律、爱因斯坦模型和德拜模型的局限。

7. 一维单原子链，原子质量为 M ，晶格常数为 a 。 j 与 $n+j$ 个原子间力常数为 K_n 。求色散关系。

8. 一维 SSH 模型：每个原胞包含 A、B 两个原子。原胞内跃迁积分为 v ，原胞间跃迁积分为 w 。在紧束缚近似下，求色散关系。

9. 二维正方晶格，晶格常数为 a 。每个格点有一个 s 轨道，轨道能级为 E_0 。最近邻跃迁积分为 t_1 ，次近邻跃迁积分为 t_2 ，均小于零。

(a) 在紧束缚近似下，求电子的色散关系。

(b) 设 $t_2 = 0.2t_1$ ，计算 $\Gamma(0,0) \rightarrow X(\pi/a,0) \rightarrow M(\pi/a,\pi/a)$ 的能量，给出带顶和带底的位置及其能量值。

(c) 求带底和带顶处的有效质量张量，分析 t_2 对有效质量的影响。

10. 考虑二维离子晶体，正负离子交替排列成正方格子，结构与 NaCl 晶体在 (100) 截面相同。

(a) 用 (?) 法，计算该二维晶体的马德隆常数 α_{2D} ，对每个正方形依次向外求和，精度达到 0.01 时截止。

(b) 设最近邻排斥势为 Ar^{-p} ($A > 0, p > 1$)，写出每个离子对的晶格能量 $u(r)$ 的表达式，并求平衡间距 r_0 以及平衡能量 $u(r_0)$ 。

- (c) 已知三维 NaCl 晶体的马德隆常数 $\alpha_{3D} = 1.75$, $p=9$, 求二维与三维平衡间距之比 $r_{0,2D}/r_{0,3D}$, 画出二维和三维的 $u(r)$ 曲线。
11. 二维正方晶格, 晶格常数为 $2a$, Cu 原子位于格点 $(0,0)$, O 原子分别位于 $(1/2,0)$ 和 $(0,1/2)$ 。最近邻力常数为 β 。考虑垂直于平面的振动。
- (a) 写出位于格点 $(2l, 2n)$ 的 Cu 原子, 分别位于 $(2l+1, 2n)$ 和 $(2l, 2n+1)$ 的 O 原子的运动方程, 振幅分别为 A, B, C, 位移为平面波形式 $e^{i(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r})}$, 证明色散关系由行列式决定, 并求出该行列式。
- (b) 分别求 $\mathbf{k} = 0$ 、沿 $[11]$ 和 $[10]$ 方向边界的 $\omega(k)$, 并画出两个方向的色散曲线以及态密度曲线。
- (c) O 之间的次近邻力常数为 γ , 求它对色散关系的影响。
12. 一维晶体, $E_k^{(0)} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$, 周期势 $U(x) = U_0 \cos(gx)$, 其中 $g = 2\pi/a$, $U_0 \ll E_0$ 。
- (a) 用非简并微扰论, 写出远离布里渊区边界处电子能量 $E(k)$ 的表达式。
- (b) 在布里渊区边界 $k = \pm\pi/a$ 附近, 用简并微扰求色散关系 $E(k)$, 并给出能隙大小。
- (c) 分别求出价带顶和导带底处的有效质量。
- (d) $T = 300 \text{ K}$, 半导体的电子密度、空穴密度 n_i 和 p_i 的表达式、写出此时的能量。