

# 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: 875 试题名称: 固体物理 (共 2 页)

适用专业: 凝聚态物理、物理电子学、理论物理

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; 考生可使用作图工具和计算器;

### 一. 简答题 (45 分, 每题 9 分)

1. 晶体主要有哪几种基本结合类型, 各自的结合方式是什么?
2. 已知某晶体的原胞为简立方, 其晶格常数为  $a$ ; 晶体内共有  $N'$  个原胞, 每个原胞内含有  $n$  个不同原子。试回答该晶格的振动可以有多少支声学波和多少支光学波? 波矢  $\vec{q}$  的取值范围如何?  $\vec{q}$  可能取值的数目有多少个? 格波的总数可以有多少个?
3. 什么是声子碰撞的正常过程 (N 过程) 和倒逆过程 (U 过程), 哪种过程能够提供建立热平衡的机制。
4. 请解释单电子近似和近自由电子近似。
5. 请简述晶体中的电-声相互作用。除了晶格散射, 影响晶体电阻的因素还有那些?

### 二 (15 分). (考生可在以下两小题中任选一题)

- (1) 物质的基本磁性包括哪些, 其中磁有序有几种, 磁无序有几种。请简单叙述几种磁无序的来源。
- (2) 请给出空穴的概念, 以空穴为多数载流子的半导体为哪种类型的半导体, 在本征半导体中进行受主掺杂时, 相应的杂质能级在能带中的哪个位置?

### 三 (20 分).

将一长度为  $L$  的一维简单晶格, 原子质量为  $m$ , 间距为  $a$ , 原子间的相互作用势可表示为:

$$U(a + \delta) = -A \cos\left(\frac{\delta}{a}\right), \quad \delta \text{ 为偏离平衡位置的位移, 试由简谐近似求:}$$

- (1) 色散关系;
- (2) 模式密度  $D(\omega)$ 。

四 (20 分). 若一晶体的相互作用能可表示为:  $U(r) = -\frac{\alpha}{r^m} + \frac{\beta}{r^n}$ , 试求:

- (1) 平衡间距  $r_0$ ; 结合能  $W$  (单个原子的);
- (2) 体弹性模量;
- (3) 若  $m=2, n=10, r_0=0.3\text{nm}, W=4\text{eV}$ , 求  $\alpha, \beta$  的值。

五 (20 分). 有一一维单原子链, 间距为  $a$ , 总长度为  $Na$ 。

- (1) 用紧束缚近似求出原子  $s$  态能级对应的能带  $E(k)$  函数。
- (2) 求出其能态密度函数的表达式。
- (3) 如果每个原子  $s$  态只有一个电子, 求绝对零度时费米能级  $E_F^0$  及  $E_F^0$  处的能态密度。

六 (15 分)

某二维晶体, 其原胞的基矢  $|\bar{a}_1| = 2a, |\bar{a}_2| = a; \bar{a}_1 \perp \bar{a}_2$ 。设晶体有  $N$  个原胞, 每个原胞内平均有 1 个电子:

- (1) 画出该晶体的第一、二布里渊区;
- (2) 在扩展布里渊区图上画出自由电子的费米面。

七 (15 分).

考虑一个二维正方晶体。

(1) 位于其第一布里渊区顶角的自由电子的能量是位于第一布里渊区边界中点处自由电子的能量的  $b$  倍, 求  $b$  值;

(2) 相应材料的晶体势场为  $V(x, y) = -2V_0(\cos\frac{2\pi}{a}x + \cos\frac{2\pi}{b}y)$ , 其中  $V_0$  为常数,  $a$  为晶格常数,

近似求解第一布里渊区边界中点的能隙。