

南京大学 2009 年攻读硕士学位研究生入学考试试题 (3 小时)

考试科目名称及代码 材料物理基础 839
适 用 专 业 材料物理与化学、材料学

- 说明:
1. 请将所有答案写在答题纸上, 写在试卷和其他纸上无效
 2. 本试题 150 分
 3. 考试时间为 180 分钟
 4. 本科目允许使用无字典存储和编程功能的计算器

有关的基本常数:

阿佛加德罗常数: $L=6.0222 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;

单位电荷: $e=1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$;

摩尔气体常数: $R=8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$;

原子质量常数: $m_0=1/12m(^{12}\text{C})=1\text{u}=10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}/L=1.66053873 \times 10^{-27} \text{ kg}$;

光速: $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$;

电子质量: $m_e=9.11 \times 10^{-28} \text{ g}=0.511 \text{ MeV}/c^2$;

普朗克常数: $h=6.626176 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $\hbar=1.0545887 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}=6.582173 \times 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$;

真空介电常数: $\epsilon_0=107/4\pi \text{ C}^2$;

玻尔兹曼常数: $K_B=1.3806505 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

一、概念 (30 分=6 分 \times 5)

1. 色心
2. 布里渊区和简约布里渊区
3. 聚合物, 共聚物, 聚合物构象
4. 极化激元
5. 光伏效应和光电效应

二、简答题 (40 分=10 分 \times 4)

1. 解释形成磁有序的几种机制。
2. 如图 1 所示, 为 Hall 效应的实验装置, Holes 将在哪个方向被磁场偏转? 如果使样品中的自由载流子的数目突然增加, Hall 电压将如何变化 (增大、减小或不变)? 如果使样品中的载流子的迁移率突然增加, 1 和 2 之间的电压和 Hall 电压将如何变化?
3. 比较第一类超导体和第二类超导体的区别。
4. 用 Bragg 定律解释为什么晶体无法在可见光区发生衍射效应, 并用 Ewald 球解释这个现象。

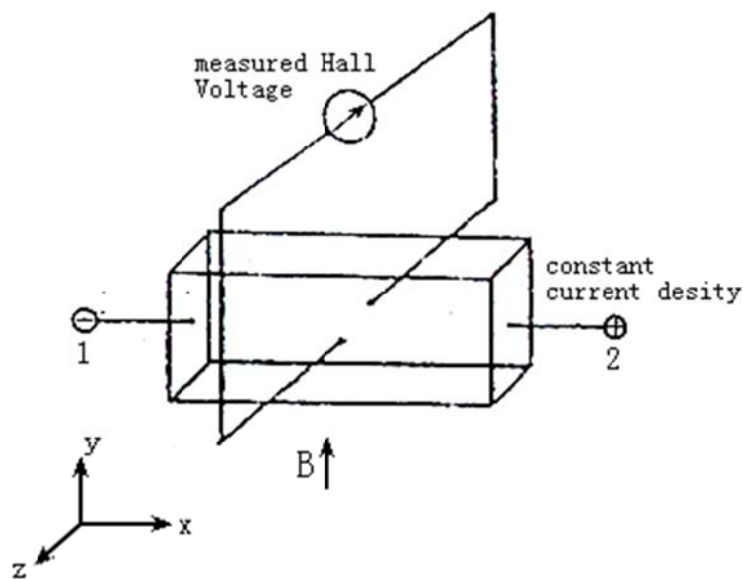


图 1 Hall 效应实验装置

三、计算题 (80 分=20 分×4)

1. 闪锌矿结构是类似于金刚石结构，有两种原子，如图 2 所示。每种原子周围有四个近邻的另一种原子。其中最典型的闪锌矿结构化合物为 ZnS，其晶胞的边长为 5.41 埃。假定 Zn 的原子散射因子是 S 原子的 3 倍，请描述一下该 ZnS 结构的结构因子，并指出各个一级散射峰的相对强度比。

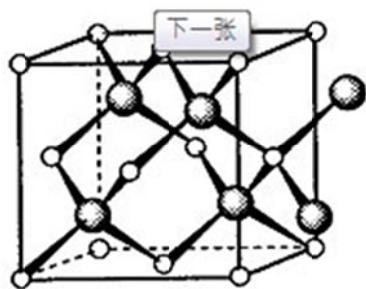


图 2 ZnS 结构

2. Li 是单价金属，其密度是 0.5g/cm^3 ，原子质量是 $7m_p$ 。
求金属 Li 中的价电子密度 (number/cm³)；
求出其 Fermi 半径；
求其 Fermi 能 E_F ，并表示成 eV 为单位；
求其 Fermi 速度 v_F ；
在室温下，金属 Li 样品具有电导率为 $10^5\text{ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ，求其室温下的电子平均自由程。
并估计一下电子平均自由程随着温度的降低是变大还是变小，简要的解释下原因，并说明温度对金属电导率的影响。

3. 外场为零时一级铁电相变的郎道自由能与极化强度 P (序参数) 的关系可写为:

$$\phi(P, T) = \frac{1}{2} g_2 P^2 + \frac{1}{4} g_4 P^4 + \frac{1}{6} g_6 P^6$$

并定义 $g_2 = \gamma (T - T_0)$, γ 为正常数。郎道自由能随 P 的变化规律如图 3 所示。顺电相或铁电相由稳定转变为亚稳态的温度即为居里点 T_c 。因此 $T = T_c$ 时出现一级铁电相变, 此时顺电相和铁电相可以共存。试求 T_c 的表达式(用 γ 、 T_0 、 g_4 、 g_6 表示)。

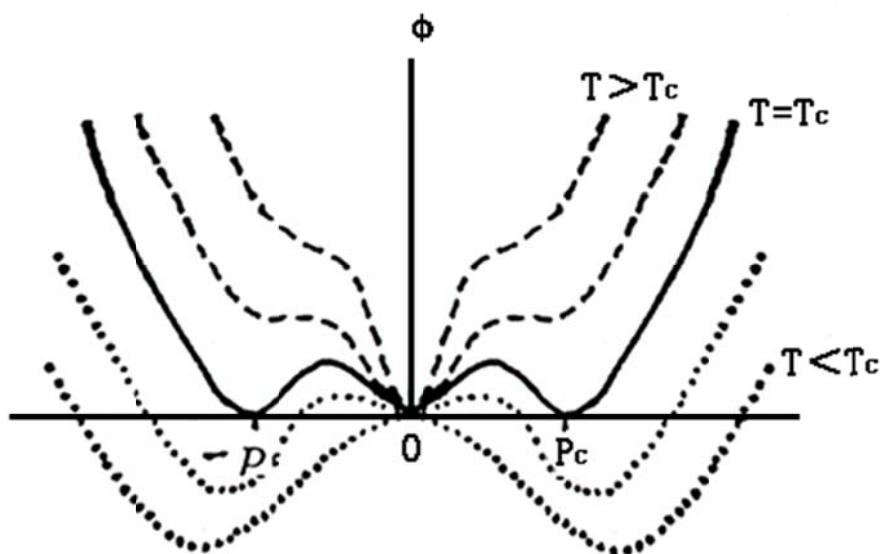


图 3

4. 一个二维晶体, 其倒易点阵为六方点阵: $a^* = b^*$, $\varphi = 120^\circ$, 其对应的正点阵的晶格参数为 a 。
- 1) 使用未简约的图, 画出其前三个布里渊区。假定其每个元胞里含有两个传导电子。
 - 2) 考虑周期边界条件和弱的库仑势, 画出在前三个布里渊区中的费米面。
 - 3) 需要多大的带隙 (和费米能比较), 才能使第三布里渊区没有电子占据, 需要多大的带隙才能使第二布里渊区中没有电子占据。在这两种情况下, 哪种是导体。
 - 4) 考虑实空间中的三角晶格, 波函数的零级特征矢量为 $\varphi_0(x, y)$, 一级特征矢量为 $\varphi_1(x, y)$, 给出在最近邻耦合的紧束缚近似下, 薛定谔方程的解的形式。并证明其

能量满足关系 $\varepsilon^2 = \gamma^2 (1 + 4 \cos(\frac{k_x a}{2}) \cos(\frac{k_y \sqrt{3} a}{2}) + 4 \cos^2(\frac{k_x a}{2}))$, 其中 γ

表示最近邻的耦合能。