

南京大学 2011 年攻读硕士学位研究生入学考试试题 (3 小时)
2011 年 1 月 16 日

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. 本科目个不允许使用计算器

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、名词解释 (30 分=6×5 分)

1. 晶体点缺陷
2. Hall 效应 (霍尔效应)
3. 等离子体频率, 表面等离极化激元
4. 电热效应 (即三种热电效应: 西伯克效应、帕尔帖效应、汤姆逊效应)
5. BCS 理论和 Cooper 对
6. 铁电体和铁磁体

二、简答题 (40 分=4×10 分)

1. 解释 Bloch 定理及其两个重要的物理推论, 并指出能带色散的三种表达方式。
2. 对于金属请详细讨论比热容在低温下的温度依赖关系, 并分别源于何种机制。
3. 请指出磁性材料中有哪几种磁有序结构, 请论述至少三种导致磁序 (铁磁序、反铁磁序) 的物理机制。
4. 当发生超导体的由超导相向正常金属相转变时, 请说出以下哪些物理量会发生变化或消失为零?
 - 1) 超导电子密度
 - 2) London 穿透深度
 - 3) Fermi 能隙
 - 4) 超导潜热

5) 涡旋密度 (第二类超导体)

三、(20 分) 光波在导体中传播行为依然遵从 Maxwell 方程, 由于导体的电子是自由电子, 考虑自由电子在光波周期性电场的驱动下运动, 此时导体中的电流密度为 $j = \sigma E / (1 - i\omega\tau)$, 其中 ω 为光波的频率, 而 τ 为驰豫时间。求此时导体的折射率和吸收系数。并解释为什么可见光波在导体中不透明的原因。

四、(30 分) 考虑一维紧束缚能带模型: 原子间距为 a , 基态波函数为局域在第 i 个原子的原子轨道函数 ϕ_i , V 是最近邻原子的电子耦合能, 如果没有近相互作用, 则 1 类原子位的单电子能量期待值为 $E_1 = \langle \phi_1 | H | \phi_1 \rangle$, 2 类原子位的单电子能量期待值为

$$E_2 = \langle \phi_2 | H | \phi_2 \rangle, \text{ 则}$$

a) 请给出紧束缚近似下, 只考虑近似下, 只考虑近邻相互作用的单电子哈密顿量的表达式;

b) 请算出能量本征值 $E_{\pm}(k)$, 并近似画出草图;

c) 请计算其能量本征态函数 $|\Psi\rangle = \sum_n \overline{C_{n1}} |n, 1\rangle + \overline{C_{n2}} |n, 2\rangle$

五、(30 分)

a) 假定一个单原子简单立方晶体, 其晶格参数为 a , 晶胞体积为 V , 请用晶格参数 a 来表达 Debye 波矢 Q_D ;

b) 如果 $\omega_D = v_s |Q|$, 请算出 Debye 温度附近 $\theta_D = \frac{\hbar\omega}{k_b}$ 的占据数密度: $n(Q, T)$,

其中分别计算:

$$\text{i. } \vec{Q} = \frac{\pi}{a} \hat{x}; \quad \text{ii. } \vec{Q} = \frac{\pi}{2a} \hat{x};$$

c) 考虑 Debye 模型, 计算声子占据的密度 $n(\omega)$ 和态密度 $D(\omega)$;

d) 回答在哪个振动频率模式内的能量最大? 哪个振动频率模式内的声子数目最多?