

南京大学 2007 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、名词解释 (30 分=5 分×6)

1. 激子 (Exciton)
2. 声子
3. 居里温度
4. 铁电体
5. 德拜温度
6. 超导体

二、简答题 (40 分=10 分×4)

1. 比较金属键、共价键、离子键和范德瓦尔斯键的特征。
2. 比较电子、光子和声子的本质。
3. 简述布洛赫 (Bloch) 定理及其意义。
4. 下述几种方法是研究材料结构的常用方法, 请描述它们所能得到的物理信息及其理由:  
(1) X-射线衍射; (2) 电子衍射; (3) Raman 散射; (4) 扫描隧道显微镜。

三、(80 分) 计算题

1. (20 分) 对于面心立方, 倒格子基矢为

$$a^* = \frac{1}{a}(-\vec{i} + \vec{j} + \vec{k}), \quad b^* = \frac{1}{a}(\vec{i} - \vec{j} + \vec{k}), \quad c^* = \frac{1}{a}(\vec{i} + \vec{j} - \vec{k}).$$

- 1) 试求面心立方晶格中原子密度最大的晶面
- 2) 试计算面心立方晶格(hkl)面 x 射线衍射的几何结构因子  $F_{hkl}$ , 并指出其消光条件。
- 3) 画出面心立方晶格的二维表示图:
- 4) 写出面心立方点阵的直到第三近邻的径向分布函数, 并比较理想晶体、非晶体和气体的半径分布函数的主要特点。

2. (20 分) 经典电导理论认为在加电场的作用下, 所有电子都对电流有贡献: 而量子电导理论认为只有费米能附近的电子才对电流有贡献。假设温度为绝对零度, 此时费米面附近电子速度为  $v_F$ , 而  $N(E_F)$  为费米面处单位能量间隔的电子数 (费米面处的电子态密度)。而弛豫时间 (电子两次被散射的平均时间间隔) 为  $\tau$ , 因外加静电场  $E$  的作用下, 电子散射阻力

等于外加电场力, 即  $\hbar \frac{\Delta k}{\tau} = |E|q$ , 考虑自由电子模型, 求证量子电导理论的电导表示式

$$\text{为 } \sigma = \frac{q^2 v_F^2 N(E_F) \tau}{3}.$$

3. (20 分) 由 Na 离子和 Cl 离子交替间隔构成的一维原子链, 晶格常数为 2.81 埃, Na 离子和 Cl 离子的质量分别  $3.82 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ,  $5.89 \times 10^{-26} \text{ kg}$ . 假定离子间仅有静电相互作用 (且仅有近邻相互作用), Cl 离子和 Na 离子各带一个电性不同的单位电荷, 求这个一维 NaCl 原子链的声子色散关系, 并画出简约布里渊区的色散曲线。估算纵声学支的上限和下限角频率。

4、（20 分）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  $\gamma$

表示最近邻的耦合能。

(威焯注:07 年的试题中给的条件是  $a^*=b^*=a$ , 但是我觉得这个条件是证不出第四问的. 如果有谁看到原版的复印的试卷就会发现, 这道题每年给的第四问的结论都少了一个平方, 我手打的卷子自己加上了.)