

中国科学技术大学

2013 年硕士学位研究生入学考试试题

(固体物理)

所有试题答案写在答题纸上，答案写在试卷上无效

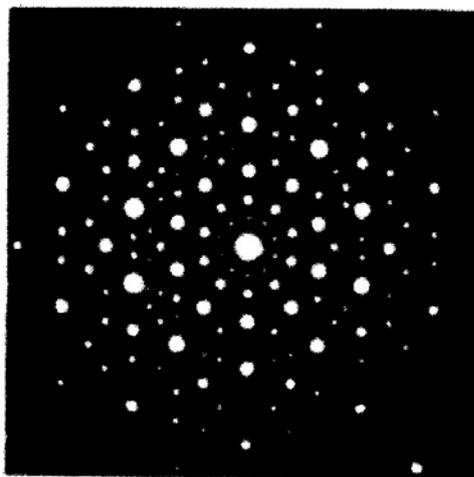
需使用计算器

不使用计算器

一、简答题（每小题 5 分，共 40 分）

(1) 写出能带论的三个近似基础；(2) 晶格振动和能带论中的态密度分别指什么？(3) 写出德拜温度的定义？它的深层次物理意义何在？(4) 是不是所有三维晶体材料在室温下的晶格热容值都趋于经典的 Dulong-Petit 值 $3N_A k_B$ ？为什么？(5) 在布里渊区边界，晶体中的晶格振动格波和 Bloch 波有什么共同特征？(6) 什么是朗道能级？为什么会有朗道能级？二维晶体朗道能级的简并度是多少？(7) 有 N 个碳原子组成的金刚石晶体，其晶格振动共有多少支格波？其中声学波和光学波各有多少支？这个体系共有多少个格波？(8) 晶格振动通常取简谐近似，请举 2 个固体物理现象是简谐近似不能解释的。

二、(10 分) 2011 年诺贝尔化学奖被授予准晶的发现者 D. Shechtman，下图是他当年发表的 Al-Mn 合金的电子衍射图样，请指出该衍射图样和传统晶体电子衍射图样的不同特征；传统晶体最本质的特征是什么？准晶体和传统晶体的不同点是什么？



(图片来源: *Phys. Rev. Lett.*, 53, 1951(1984))

三、(30分) (1) 由二维原子层构成的层状介电晶体，原子层间为刚性耦合，即原子被限定在层内运动，试证明在德拜近似下，晶体的比热容与 T^2 成正比。
(2) 如果相邻原子层间有非常弱的耦合，晶体的比热容在极低温下会趋于什么形式？

四、(40分) 设有二维矩状晶体，其 x 方向晶格常数为 a ， y 方向晶格常数为 b ($a > b$)，每个原胞只有一个原子。在紧束缚近似下只考虑最近邻格点相互作用，假设沿 x 方向的交叠积分为 J 而沿 y 方向的交叠积分为 $2J$ 。(1) 求出此晶体 s 态电子所形成能带的能量表达式。(2) 求出此晶体 s 态能带的能带宽度。
(3) 求能带底与能带顶电子的倒有效质量张量。(4) 求沿 x 方向速度的表达式。(5) 假定此能带是部分填充，沿 x 方向外加一稳定电场 E ，请问理想晶体与实际晶体两种情况下电流是稳定还是变化的？为什么？

五、(30分) 由同类原子相距为 a 构成的一维晶格，如果每个原子贡献 1 个价电子，按照能带论其第一能带为半满，应该是金属材料。但是，一维晶格容易发生相邻原子两两聚集而形成晶格常数为 $2a$ 的周期，在波矢为 $\pi/2a$ 处打开能隙，价电子恰好填满下能带，晶体变成绝缘性，此谓派尔斯 (Peierls) 相变。此相变发生后，电子系统的能量降低大于原子两两聚集导致晶格弹性能的增加，晶体的总能量降低了。试论述对于一维晶体材料，无论电子浓度为何值，派尔斯相变都容易发生；但是，对于二维和三维材料，派尔斯相变不易发生。
(提示：从派尔斯相变发生后体系能量是否降低考虑。)