

中国科学院大学
2020 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题
科目名称：固体物理

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
 2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上一律无效。
 3. 可以使用无字典存储和编程功能的电子计算器。
-

一、简答题（共 50 分，每小题 10 分）

- (1) 什么是原胞 (primitive cell)? 什么是维格纳-塞茨 (Wigner-Seitz) 原胞? 什么是第一布里渊区 (first Brillouin zone)? 对于三维晶格来说，原胞体积与其对应的第一布里渊区体积之间存在什么数学关系?
- (2) 波矢空间和倒格子空间有何联系和区别? 为什么波矢落在布里渊区边界上的电子有效质量与真实质量偏差大?
- (3) 根据化学键性质分类，晶体的基本类型有哪些? 简述其各自结合力性质。
- (4) 简要介绍中子非弹性散射过程中的能量守恒和动量守恒关系，利用中子非弹性散射原理的三轴中子谱仪可以用来得到晶体的什么信息?
- (5) 爱因斯坦模型对晶格振动采用了很简单的假设，请问该假设是什么? 在低温下，爱因斯坦模型得到的结果与实验结果存在较大的偏差，其主要原因是什么?

二、(15 分) 使用波长 $\lambda = 1.54 \times 10^{-10} m$ 的 X 射线照射具有面心立方结构的 Al 晶体，其 (111) 面对应的衍射角 $2\theta = 38.4^\circ$ ，

- (1) 画出 Al 晶体 (111) 晶面的原子排列示意图，并作必要标注；
- (2) 求出 Al 晶体 (111) 晶面的面间距 ($\sin 19.2^\circ = 0.329$)；
- (3) 求出 Al 晶体的晶格常数。

三、(15分) 边长为 a 的立方体中有 N 个电子, 在金属自由电子气体模型下, 求该体系

- (1) 费米球半径与电子密度的关系;
- (2) 单位体积电子态密度与能量的关系;
- (3) 电子平均能量与费米能量的关系。

四、(20分) 请采用近自由电子近似模型, 在一般微扰理论下, 求解在一维周期场中运动的电子的能量本征值。

五、(20分) 若只考虑最近邻格点的相互作用, 请用紧束缚近似求出面心立方晶格 s 态原子能级所对应能带的 $E(\mathbf{k})$ 表达式。

六、(30分) 正负离子交替排列的一维晶格, 离子质量分别为 M (正) 和 m (负),

已知近邻离子间的相互作用势可写为: $U(x) = -\frac{1}{x} + \frac{b^{n-1}}{nx^n}$, 式中 b 和 n 为常数,

- (1) 求平衡离子间距 a ;
- (2) 在简谐近似下, 求恢复力常数 β 。若第 $2l$ 个离子为正离子, 其位移用 μ_{2l} 表示, 写出正负离子运动方程;
- (3) 若已知体系格波色散关系为

$$\omega_{\pm}^2 = \frac{(M+m)(n-1)b^{-3}}{Mm} \left[1 \pm \left(1 - \frac{4Mm}{(M+m)^2} \sin^2 qb \right)^{\frac{1}{2}} \right],$$

在长波极限 ($q \rightarrow 0$) 下, 求晶格德拜温度。