

北京航空航天大学
二〇〇四年硕士试题

题单号: 495

固体物理 (共3页)

考生注意: 所有答题务必书写在考场提供的答题纸上, 写在本试题单上的答题一律无效(本题单不参与阅卷)。

一. (本题 20 分, 每小题 4 分) 解释下列物理概念:

1. 维格纳-赛兹晶胞;
2. 布拉格反射;
3. 软声子模式;
4. 近自由电子模型;
5. 德拜温度.

二. (本题 20 分)

讨论当 (a) n_i 全为奇数或全为偶数, (b) $\sum_i n_i$ 为偶数时, 具有笛卡尔坐标 (n_1, n_2, n_3) 的所有点分别形成什么样的布拉菲点阵.

三. (本题 15 分)

NaCl 是立方晶体, 把 NaCl 结构立方惯用晶胞中的原子选为基元, NaCl 结构也可用简单立方点阵来处理. 试计算基元的结构因子.

四. (本题 15 分)

试用气体分子运动论证明点阵热导率为:

$$\kappa = \frac{1}{3} cvl.$$

五. (本题 15 分, 每小题 5 分)

1. 证明对于波矢为 K , 频率为 ω 的格波

$$u_s = ue^{i(sKa - \omega t)},$$

一维单原子点阵的总动量为

$$p(K) = -i\omega Mue^{-i\omega t} \sum_{s=1}^N e^{isKa}.$$

其中 M 为原子质量, N 为原子链上的原子数.

2. 证明在周期性边界条件下, 当 $K \neq 0$ 时, $p(K) \equiv 0$, 因而声子不携带物理动

量 (证明过程可利用公式: $\sum_{s=0}^{N-1} x^s = \frac{1-x^N}{1-x}$).

3. 证明, 如果 $\lim_{\omega \rightarrow 0} (\omega u) \neq 0$, 当 $K = 0$ 时, 有 $p(K) \neq 0$, 并说明这表示一维单原子点阵的什么运动.

六. (本题 15 分, 每小题 5 分)

在量子固体中, 起主导作用的排斥能是原子的零点能. 考虑晶态 ^4He 一个粗略的一维模型, 即每个氦原子局限在长为 L 的线段上, 把线段取为基态波函数的半波长.

1. 试求每个粒子的零点动能;
2. 推导维持该线度不发生膨胀所需要的力的表达式;
3. 在平衡时, 动能所导致的膨胀倾向被范德瓦尔斯作用所平衡. 如果非常粗

略地给出最近邻间的范德瓦尔斯能为 $u(L) = -1.6L^{-6} \times 10^{-60} \text{ erg}$ ，其中 L 以 cm 表示。求 L 的平均值（氦的质量 $m = 4 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$ ；普朗克常数 $h = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg.s}$ ）。

七. (本题 20 分)

用紧束缚近似写出二维正方点阵最近邻近下的 s 电子能带，并计算带底电子和带顶空穴的有效质量。

八. (本题 10 分)

试证明电子气体在绝对零度下动能对其体弹性模量的贡献为 $B = \frac{1}{3} nm v_F^2$ 。式中 n 是电子浓度， m 是电子质量， v_F 是费米速度。用以上结果可求出金属中的声速。在可压缩流体中声速为 $v = \left(\frac{B}{\rho} \right)^{1/2}$ ，其中 ρ 是流体的密度。由此证明单价金属的声速为 $v = \left(\frac{m}{3M} \right)^{1/2} v_F$ 。其中 M 是金属离子的质量。

九. (本题 20 分)

试用一个简单的物理模型解释低温下点阵热容所遵循的 T^3 定律。

(a) 计算在足够低的温度 ($T \ll \theta_D$) 下，近似有多少简正模式被激发；

(b) 证明在经典近似下每个模式对热容的贡献大约为 $k_B T$ ；

(c) 由以上结果证明低温下点阵热容的数量级为 $N k_B \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3$ ，与 T^3 成正比。这

里 N 是晶体中包含的原子数， θ_D 是德拜温度。