

南开大学物理科学学院 2014-2015 学年

第二学期固体物理 (颜瑞民整理)

整理人: 颜瑞民 整理时间: 2017 年 6 月 11 日

简答题

1. (5 分) 描述单晶体原子排布规律, 单晶硅和碱金属钠原子排布规律.
2. (5 分) 声子-电子相互作用有哪两种过程, 对电阻影响的异同.
3. (5 分) 布拉格反射. 劳厄和布拉格处理 X 射线衍射有什么不同?
4. (5 分) 解释德拜模型. 德拜温度的意义.
5. (5 分) 晶体缺陷有哪些, 具体说明晶体缺陷对晶体性质的影响.
6. (5 分) 写出本学期你学到的固体物理实验研究方法 (至少三个).

计算题

7. 一双原子链的振动, 链上最近邻原子间的力常数交错地等于 α, β , 两种原子质量均为 m , 最近邻间距为 $a/2$.
 - (a) 求色散关系.
 - (b) 求推广到三维情况下的色散支, 色散模数目.
 - (c) 忘了.
8. 习题 4.7 原题. 一维单原子链, 间距 a , 总长 Na .
 - (a) 用紧束缚近似方法求出与原子 s 能级对应的能带的 $E(\mathbf{k})$ 函数;
 - (b) 求能态密度函数;
 - (c) 若每个原子 s 态上仅一个电子, 求 $T = 0K$ 的费米能级 E_F^0 及 E_F^0 处的能态密度.
9. 计算费米能级费米温度.(类似习题 6.3)
10. 类似 PPT 上的这道题:
Lennard Jones 势: 惰性气体的总能量
$$U = 2N\varepsilon \left[A_{12} \left(\frac{\sigma}{R} \right)^{12} - A_6 \left(\frac{\sigma}{R} \right)^6 \right].$$
计算 (面心立方) 结构点阵常数 A_6, A_{12} . 分别考虑最近邻; 最近邻, 次近邻; 最近邻, 次近邻, 第三近邻三种情况.

南开大学物理科学学院 2015-2016 学年

第二学期固体物理 (颜瑞民整理)

命题人: 王玉芳 考试时间: 2016 年 6 月 16 日

简答题

1. (5 分) 对称元素, 对称类型 (宏观, 微观). 几种点群, 几种空间群, 几种对称性元素.
2. (5 分) 霍尔效应的解释及应用.
3. (5 分) 元激发, 准粒子有哪些? 实验上如何探测 (举一例)?
4. (5 分) 固体材料电阻与温度的关系.
5. (5 分) 费米面的定义, 有什么意义?

计算题

6. (20 分) 双离子结合能

$$U = -\frac{A}{r} + \frac{B}{r^n}.$$

- (a) 第一项和第二项分别代表什么?
- (b) (分子间距?) 最短距离, 弹性模量以及结合能 U_0 .
- (c) $\pm e$ 改为 $2e$ 对 r_0, U_0 有什么影响?

7. (15 分) 一维双原子链中, 两原子质量相同, 相间隔的弹性模量系数为. 计算

- (a) 色散关系.
- (b) 模式密度.
- (c) 长波近似下的声学波和光学波.

8. (15 分) 证布拉格反射条件与劳厄方程等价.

9. (15 分) 二维的 LCAO 方法, 已知 $E(k)$, 求有效质量和能隙等.

10. (10 分) 从固体物理学习中谈一谈单晶硅.

感谢 13 级物院唐文杰的回忆.

南开大学物理科学学院 2016-2017 学年

第二学期固体物理 (颜瑞民整理)

命题人: 王玉芳 整理时间: 2017 年 6 月 13 日

1 简答题 (每题 5 分, 共 20 分)

1. 什么是声子? 声子与晶体的哪些性质有关?
格波的能量子.
2. 解释晶体电阻产生的原因, 讨论其与温度的依赖性.
3. 请给出本学期课程中你了解 and 掌握的基本固体物理试验方法.
4. 试从能带论的角度解释为什么金属具有“金属光泽”? 通常情况下我们看到的硅材料表面呈现什么颜色?
暗蓝色.

2 计算题 (每题 20 分, 共 80 分)

5. 2D 石墨层 (石墨烯) 结构描述

- (a) 给出二维 (2D) 情况下, 5 种可能的布拉菲格子;
- (b) 画出二维石墨烯的结构示意图; 说明其布拉菲点阵类型, 给出其基矢和基元;
- (c) 计算石墨烯对应的倒格子基矢, 并在图中画出倒易点阵和第一布里渊区;
- (d) 如果利用 X 射线衍射研究石墨烯的结构, 计算其结构因子 $F(h, k)$;

6. 晶体结合能的讨论和计算

特定情况下, 一个原子在金属表面的吸附能可表示为 $E = zAe^{-pr} - \sqrt{z}Be^{-qr}$, 其中 r 为相互作用原子间距, z 是吸附原子周围最近邻金属原子的数目, A, B, p, q 均大于零, 第一项为 Born-Mayer 型的排斥作用, 第二项为原子间的吸引作用.

- (a) 如果吸附原子在金属表面处于稳定平衡位置, 给出 p 和 q 应满足的条件, 平衡距离 r_0 的表达式;
- (b) 证明吸附体系的结合能 E_L 可写成 $E_L = Cz^\alpha$ 的形式; 当 p 从 $2q$ 变化到 $4q$ 时, 给出 α 的变换范围;

- (c) 如果对某一个吸附原子而言, 其 $p = 4q$, 该吸附原子处于 bcc (面心立方) 金属 (100) 面最稳定的位置时 $E_L \approx 7\text{eV}$, 给出这种金属 (100) 面和 (110) 面的原子排布, 吸附原子的最佳占位 l ; 另外给出其他可能占位, 结合能;
- (d) 推导吸附原子振动频率的表达式.

7. 金属电子论 (费米子的讨论和分析)

- (a) 写出电子满足的分布函数, 说明各量的物理意义; 画出分布函数的示意图, 并给出 $T \rightarrow 0\text{K}$ 和 $T \rightarrow \infty\text{K}$ 时的极限情形;
- (b) 给出能态密度的表达式; 费米能级 (或化学势) 与温度无关, 推导出 $T \rightarrow 0\text{K}$ 时费米能级的表达式, 电子气系统每个电子的平均能量;
- (c) 当 $k_B T \ll E_F^0$ 时, 对到费米能级和每个电子的平均能量;
- (d) 计算 $T = 1\text{K}$ 和 $T = 300\text{K}$ 时, 电子的摩尔热容.

Useful formulas: $\int_0^\infty f(E)\varphi(E)dE = \int_0^{E_F} \varphi(E)dE + \frac{(\pi k_B T)^2}{6} \varphi'(E_F) + \dots$

8. 紧束缚能带

- (a) 用紧束缚近似计算简单立方 (SC) 点阵最近邻近近似下 s 态电子能带;
- (b) 证明在 $k = 0$ 附近, 能带的等能面是球形的, 导出有效质量;
- (c) 画出 [100] 和 [111] 方向的 $E(k)$ 和有效质量曲线.