

一、名词解释 (30 分):

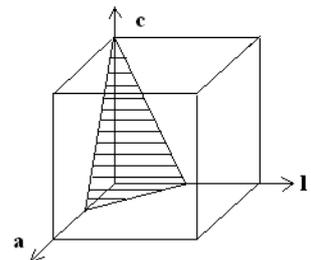
- 1、基元, 原胞, 晶胞;
- 2、声子, 声学声子, 光学声子;
- 3、费米面, 费米球, 费米波矢;
- 4、布洛赫波; 能带; 空穴;
- 5、施主杂质; 受主杂质; p-n 结

二、判断题 (20 分)

1. 原胞是描述晶体结构的最小体积重复单元。
2. 布拉格反射发生在晶体的边界上。
3. 即使在绝对零度, 金属中的电子仍有相当大的平均动能。
4. 电阻是周期性势场对电子的散射引起的。
5. 晶体膨胀时, 费米能级降低。
6. 加热晶体可以产生声子。
7. 二维蜂房结构分别有声学支格波和光学支格波各 2 支。
8. 格波的色散关系只能在第一布里渊区表示才有物理意义。
9. 二维晶格在长波近似中, 对于光学波, 晶格可以看作是连续介质。
10. 对于能带顶部的电子, 其有效质量  $m^*$  小于零。
11. 空穴的速度与对应的逸失电子 (能带中的空缺电子) 速度方向相反。
12. 一般情况下, 晶体中电子的有效质量是各向同性的。
13. 布里渊区的边界一定是能量的不连续面。
14. 德·哈斯-范·阿尔芬效应是确定载流子有效质量的用力工具。
15. 通过研究回旋共振现象通常用来测量金属的费米面。
16. 能带中电子运动的半经典模型描述没有碰撞时布洛赫电子在外加电场或磁场下的运动。
17. 绝对零度下, 半导体的能带的填充情况和绝缘体相同, 能带的差别在于禁带宽度。
18. 在绝对零度下, 半导体的纯净完整晶体都是绝缘体, 但是它的电阻率强烈地依赖于温度。电阻率随温度的升高而迅速增加。
19. n 型半导体的霍尔系数为正数, p 型半导体的霍尔系数为负数。
20. 半导体中涉及深能级的复合是间接复合。

三、选择题 (6 分)

1. NaCl 结构属于 ( )  
A. 简单立方; B. 体心立方; C. 钙钛矿结构; D. 面心立方; E. 六角密堆积
2. 低温下, 金属电子的比热随温度的变化规律正比于 ( )  
低温下, 金属晶格的比热随温度的变化规律正比于 ( )  
A.  $T^0$     B.  $T^1$     C.  $T^2$     D.  $T^3$     E.  $e^{-E/kT}$
3. 一立方晶系的晶格常数为  $a$ , 如图所示的三角形平面的晶面指数为 ( )  
A. (112); B. (122); C. (221); D. (211); E. (110)  
此晶面的晶面间距为 ( )



- A.  $\frac{\sqrt{6}}{6}a$     B.  $3a$     C.  $\frac{\sqrt{2}}{2}a$     D.  $\sqrt{6}a$     E.  $\frac{1}{3}a$

四、简答题（14分）

- （3分）试以能带论的观点来划分导体，半导体和绝缘体。
- （3分）为什么许多与电子相关的物理性质由费米面上的态密度所决定？
- （2分）半导体载流子浓度与什么因素有关？如何测量载流子浓度？
- （3分）自由电子气理论做了哪些前提近似假设？
- （3分）试说明晶格振动的 Einstein 模型、Debye 模型及 Debye 温度？

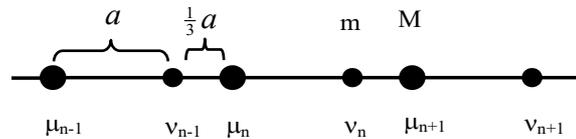
五、计算题(30分)

- 已知一维晶体的电子能带可以写为  $E(k) = \frac{\hbar^2}{ma^2} \left( \frac{7}{8} - \cos ka + \frac{1}{8} \cos 2ka \right)$ ，式中  $a$  为晶格常数，求：

常数，求：

- 布里渊区边界
- 能带宽度  $\Delta E$
- 电子在波矢  $k$  状态时的速度
- 能带底部和顶部电子的有效质量

- 质量分别为  $M$  和  $m$ （设  $M > m$ ）的两种原子以  $a$  和  $a/3$  相间排成如图所示的一维晶体链，若只考虑近邻原子间的弹性相互作用，设相邻原子间的恢复力系数同为  $\beta$ ，



- 写出每种原子的动力学方程式；
- 写出格波方程式；
- 导出色散关系式。

- 已知 Cu 的密度  $\rho_m = 8.95 \text{ g/cm}^3$ ；原子量为 63.54；价电子数为 1。电子的有效质量

为  $m^* = m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ；普朗克常数；玻尔兹曼常数  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ；阿伏伽

德罗常数  $N = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，计算 Cu 的：

- 传导电子的浓度
  - 费米能量  $E_F$
  - 费米温度  $T_F$
  - 费米速度  $v_F$
  - 费米面上电子的平均自由程  $l_F$
- 已知一晶体的原胞为立方体，晶格常数  $a=4$  埃；基元由 2 个不等价的原子组成，
    - 请画出此结构的 (111) 面；
    - 求其面间距；
    - 求正格子基矢及倒格子基矢；
    - 画出第一布里渊区；

- (5) 请问 (111) 晶面对什么波长范围内的 x 射线可以产生衍射?
- (6) 共有多少格波, 声学波和光学波有各多少支?
- (7) 如果基元中一个原子提供一个电子成为正离子, 而另一原子接受这个电子成为负离子, 则此晶体能否导电?
5. 当温度  $T \neq 0$  时, 费米面  $E_F^0$  附近  $k_B T$  ( $k_B = 1.38 \times 10^{-23} J/K$ ) 范围内的电子被激发到高于  $E_F^0$  的能级。试计算在室温 ( $T = 300K$ ) 下, 钠中被激发的电子的百分数。已知钠的密度为  $0.97 g/cm^3$ , 原子量为 23。