

东南大学考试卷（A卷）

课程名称 固体物理基础 考试学期 得分
适用专业 电子科学与技术（类） 考试形式 闭卷 考试时间长度 120 分钟

一、填空题（41 分）

1. 波函数的统计解释是波函数在空间某一点的强度（波函数绝对值的平方）_____。

2. “无限深势阱”、“谐振子”和“氢原子”模型均属束缚态问题，它们的定态薛定谔方程的解其能量特性具有这样一些共性：_____。

3. 质量为 m 的粒子处于能量为 E 的本征态，波函数为 $\psi(x) = A x e^{-\frac{1}{2} a^2 x^2}$ ，那么粒子所处的势场为_____。

4. 固体物理学原胞体积相同的简立方、体心立方和面心立方其晶格常数之比为_____；第一布里渊区的体积之比为_____；第二布里渊区的体积之比又为_____。

5. 按三种统计法，现将两个粒子分配在三个不同格子中。对于麦克斯韦-玻尔兹曼分布有_____种安排方法；对于费米-狄拉克分布有_____种安排方法；对于玻色-爱因斯坦分布有_____种安排方法。

6. 在一维双原子晶格中，两种原子的质量分别为 m_1 和 m_2 ($m_1 > m_2$)，若同种原子间的间距为 a ，那么色散关系曲线中，格波波矢 q _____ 时，光学波频率取最大值，且 ω_{\max}^0 = _____；又格波波矢 q _____ 时，声学波频率取最大值，且 ω_{\max}^A = _____。

7. 在晶格常数为 a 的一维单原子晶格中，波长为 $\frac{3}{4}a$ 的格波与处于第一布里渊区的波长为_____的格波，它们的振动状态相同。

8. 对晶体热阻起主要作用的声子碰撞过程是_____过程，该过程能量守恒条件为_____，动量守恒条件为_____。

9. 氢原子中的电子运动状态用四个量子数来描述，其波函数记为 $\psi_{nlm_l m_s}(r, \theta, \phi)$ ，其氢原子的运动状态用四个量子数来描述，其波函数可记为 $\psi_{nlm_l m_s}$ ，若 $n=2$ ，对应的运动状态有_____个，它们分别记为_____（用 $\psi_{nlm_l m_s}$ 形式表示出来）。

10. 限制在一个长度为 L 的一维金属线中的 N 个自由电子。电子能量 $E(k) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ ，那么电子的状态密度（考虑自旋）为_____；一维系统在绝对零度的费米能量为_____。

第 2 页 共 3 页

德拜近似却吻合的较好。试解释其原因。

答:按照爱因斯坦温度的定义, 爱因斯坦模型的格波的频率大约为 10^{13}Hz , 属于光学支频率。但光学格波在低温时对热容的贡献非常小, 低温下对热容贡献大的主要是长声学格波。也就是说爱因斯坦没考虑声学波对热容的贡献是爱因斯坦模型在低温下与实验存在偏差的根源。在甚低温下, 不仅光学波得不到激发, 而且声子能量较大的短声学格波也未被激发, 得到激发的只是声子能量较小的长声学格波。长声学格波即弹性波, 德拜模型只考虑弹性波对热容的贡献。因此, 在甚低温下, 德拜模型与事实相符, 自然与实验相符。

20 试用能带论解释导体、半导体、和绝缘体的区别。

解: 晶体电子的状态由分立的原子能级分裂为能带, 电子填充能带的情况分为满带、不满带和空带, 对于半导体和绝缘体, 只存在满带和空带, 最高满带称价带, 最低满带称导带, 导带与价带之间的间隔称带隙, 一般绝缘体带隙较大, 半导体带隙较小。

对于导体, 出满带和空带外, 还存在不满带, 即导带。满带电子不导电, 而不满带中的电子参与导电。半导体的带隙较小, 价带电子受到激发后可以跃迁至导带参与导电, 绝缘体的带隙较大, 价电子须获得很大的能量才能激发, 故一般情况下, 不易产生跃迁现象。

线

2.为什么说绝对零度时和常温下电子平均动能十分相近?

解: 自由电子论只考虑电子的动能。在绝对零度时, 金属中的自由(价)电子, 分布在费密能级及其以下的能级上, 即分布在一个费密球内。在常温下, 费密球内部离费密面远的状态全被电子占据, 这些电子从格波获取的能量不足以使其跃迁到费密面附近或以外的空状态上, 能够发生能态跃迁的仅是费密面附近的少数电子, 而绝大多数电子的能态不会改变。也就是说, 常温下电子的平均动能与绝对零度时的平均动能一定十分相近。

封

四. 计算题(25 分)

(10 分)1. 一束动能为 1keV 的电子通过一多晶金属箔产生衍射, 这种金属具有立方晶体结构, 原子间距为 1A , 求:

- (1) 电子的德布罗意波长;
- (2) 第一级衍射极大的布喇格衍射角。

密

(15 分)2. 已知某简立方晶体的晶格常数为 a , 其价电子的能带为

$$E(k) = A\cos k_x a \cos k_y a \cos k_z a - B, \text{ 式中 } A < 0.$$

- (1) 已测得带顶电子的有效质量 $m = \frac{m_0}{2a^2}$, 试求参数 A ;
- (2) 求能带宽度;
- (3) 求出 $k = (\frac{\pi}{2a}, 0, 0)$ 时电子的速度。