

“固体物理基础” 试卷

2004.05.

姓名_____班级学号_____

一. 填空 (40 分)

1. 德布罗意关系式把粒子和波联系起来了, 粒子的能量 E 与波的频率 ν 、粒子的动量 \vec{p} 和波矢 \vec{k} 之间的关系分别是_____和_____。
2. _____常数为我们提供了何时必须用量子力学的方法来处理问题的判据。
3. 无限空间中自由电子能量是 _____; 而孤立原子中的电子能量表现为 _____形式; 晶体的中的电子能量呈现_____形式。
4. 一维运动的粒子处在 $\psi(x) = \begin{cases} A \sin \frac{n\pi}{2a}(x+a) & (n=1,2,3,\dots) \\ 0 & |x| \geq a \end{cases}$ 的状态, 归一化波函数为 _____; 粒子在空间 ($|x| < a$) 某一点 x 处出现的概率为_____。
5. 玻色-爱因斯坦分布与麦克斯韦-玻耳兹曼分布的区别在于前者的粒子是_____ (提示: 可否区分), 后者的粒子是_____; 玻色-爱因斯坦分布与费米狄拉克分布的区别在于前者粒子_____泡利不相容原理, 后者的粒子_____泡利不相容原理。
6. “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: _____。
7. 布喇菲点阵中的点代表 _____。
8. 晶体中原子排列的最大特点是_____。
5. 体心立方晶体中每个固体物理学原胞含_____个原子; 每个结晶学原胞含_____个原子。面心立方晶体中每个固体物理学原胞含_____个原子; 每个结晶学原胞含_____个原子。
6. 晶格常数相同的简立方、体心立方和面心立方其结晶学原胞之比为_____; 固体物理学原胞之比为_____; 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_____。
7. 由 N 个原子构成的、长度为 L 的一维单原子晶格, 若晶格常数为 a , 那么其倒格子空间的基矢大小为_____, 第一布里渊区的范围为_____, 考虑边界条件的限制使得 k 取分立的值, 在第一布里渊区里电子允许的状态 (即 k 的取值) 有_____个, 每个 k 状态所占据的线度为_____。

8. 晶格振动产生格波，格波的波矢数目等于_____；格波的频率数目等于_____。若由 N 个原胞构成的金属钠晶体（三维），允许有_____个声学波在当中传播、_____个光学波在当中传播。又若由 N 个原胞构成的氯化钠晶体（三维），允许有_____个声学波在当中传播、_____个光学波在当中传播。

9. 在一维双原子晶格中，若相邻原子平衡间距为 a，那么波长为 6a 的格波与波长为_____的格波，它们的振动状态相同。

10. 绝缘体的热传导主要依靠_____子的运动来完成。导体的热传导主要依靠_____子的运动来完成。

11. 布洛赫函数 $\psi(x) = e^{ikx} u_k(x)$ ，它描述了_____中电子的运动状态，其中指数部分描述了_____； $u_k(x)$ 是_____，它描述了_____。

10. 根据定态微扰理论，在非简并情况下经过一级修正后的波函数具有下列形式：

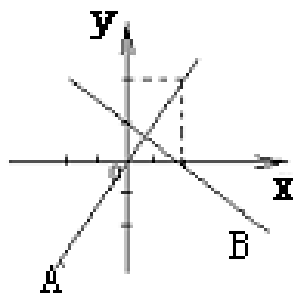
$\psi_k = \psi_k^{(0)} + \sum_n \frac{H'_{nk}}{E_k^{(0)} - E_n^{(0)}} \psi_n^{(0)}$ ，式中 $\psi_k^{(0)}$ 的意义是_____； H_{nk} 是_____；在_____情况下，上述微扰公式不适用。

11. 当晶体电子的位置不确定量 ΔX 与波矢不确定量 ΔK 分别满足 ΔX _____、 ΔK _____时，晶体中的电子可以近似当作经典粒子来处理，其行为用波包来描述。

12. 图中所示 A、B 两直线分别是两晶面在 Y-Z 平面上的投影，请写出它们的晶面指数。

A 面：_____

B 面：_____



二. 阐明下列问题 (28 分)

1. 为什么在量子力学应用的范围中, 粒子的运动状态要用薛定谔方程而不能用牛顿定律来反映呢? 写出**定态**薛定谔方程的表达式, 并说明什么是定态。
2. 在讨论晶体中的电子状态时, 应用了紧束缚方法和准自由电子方法。这两种方法均采用了微扰理论, 试问这两种方法分别将什么看作零级近似? 什么看作微扰? 各自的适用范围有何不同?
3. 什么叫声子? 对于一给定的晶体, 它是否拥有一定数目的声子? 为什么?
4. 说明有效质量的概念及引入的意义。

三. 计算(请写出详细步骤) (32 分)

1. 设有同种原子组成的一维单原子链, 相邻原子间距为 $a/2$ 。

(1) 利用紧束缚方法 $E(k) = E_0 - J_0 - J_1 \sum_{R_s} e^{-i\vec{k} \cdot \vec{R}_s}$, 在只考虑最邻近原子互作用的近似下, 求

出由 S 态电子形成的能带;

(2) 求能带的宽度;

(3) 求电子运动速度的表达式;

(4) 求能带底部和顶部附近电子的有效质量。

3. 一维双原子点阵, 已知一种原子的质量 $m = 2.5 \times 1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$, 另一种原子的质量 $M = 2m$, 力常数 $\beta = 15 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ 。求:

(1) 光学波的最大频率 ω_{\max}^o 和最小频率 ω_{\min}^o ;

(2) 声学波的最大频率 ω_{\max}^A 和最小频率 ω_{\min}^A

(3) 温度为 300K ($k_B T = 0.026 \text{eV}$) 激发多少个短声学波声子?

(4) 如果用电磁波来激发长光学波振动, 试问电磁波的波长要多少?