

《大学物理 AII》作业 No.9 原子结构 固体能带理论

班级 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 成绩 _____

*****本章教学要求*****

- 1、理解决定电子量子态的 4 个量子数的物理意义及其取值范围。
- 2、理解由薛定谔方程得到的氢原子能级公式、轨道角动量公式、轨道角动量沿特定方向分量的公式；
- 3、理解描述电子自旋内禀特征的自旋概念及自旋角动量公式，了解施特恩—格拉赫实验结果的物理意义。
- 4、理解多电子原子中电子的壳层排布结构以及它们和能量最低原理、泡利不相容原理的关系。
- 5、理解晶体中电子共有化特征、能带形成的原因；掌握价带、空带、满带、导带等概念。掌握导体、绝缘体、本征半导体、*P* 型半导体、*N* 型半导体各自的能带结构特征。

一、选择题:

1. 氢原子中处于 3d 量子态的电子, 描述其量子态的四个量子数(n, l, m_l, m_s)可能取的值为

[illegible]

2. 有下列四组量子数:

$$\begin{array}{ll} (1) & n=3, \quad l=3, \quad m_l=2, \quad m_s=\frac{1}{2} \\ (2) & n=3, \quad l=2, \quad m_l=2, \quad m_s=\frac{1}{2} \\ (3) & n=2, \quad l=2, \quad m_l=1, \quad m_s=-\frac{1}{2} \\ (4) & n=2, \quad l=1, \quad m_l=1, \quad m_s=-\frac{1}{2} \end{array}$$

其中可以描述原子中电子状态的

[] (A) 只有(1)和(3) (B) 只有(1)和(2)
 (C) 只有(2)和(4) (D) 只有(1)和(4)

3. 如果(1) 锗用铟(三价元素)掺杂, (2) 硅用锑(五价元素)掺杂, 则分别获得的半导体属于下述类型:

[] (A) (1)为 n 型半导体, (2)为 p 型半导体 (B) (1), (2)均为 n 型半导体
(C) (1)为 p 型半导体, (2)为 n 型半导体 (D) (1), (2)均为 p 型半导体

4. 纯硅在 $T = 0 \text{ K}$ 时能吸收的辐射最长的波长是 $1.09 \mu\text{m}$, 故硅的禁带宽度为

(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$, $1 \text{eV}=1.60 \times 10^{-19} \text{J}$)

(A) 0.65 eV (B) 1.83 eV
(C) 1.60 eV (D) 1.14 eV

5. 下述说法中, 正确的有:

- [] (A) 本征半导体是电子与空穴两种载流子同时参与导电, 而杂质半导体(n 或 p 型)只有一种载流子(电子或空穴)参与导电, 所以, 本征半导体导电性能比杂质半导体好。
- (B) n 型半导体中杂质原子所形成的局部能级靠近导带的底部, 使局部能级中多余的电子容易被激发跃迁到导带中去, 大大提高了半导体导电性能。
- (C) n 型半导体的导电性能优于 p 型半导体, 因为 n 型半导体是负电子导电, p 型半导体是正离子导电。
- (D) p 型半导体的导电机制完全决定于满带中空穴的运动。

6. 按照原子的量子理论, 原子可以通过自发辐射和受激辐射的方式发光, 它们所产生的光的特点是:

- []
- (A) 两个原子自发辐射的同频率的光是不相干的, 原子受激辐射的光与入射光是不相干的;
- (B) 两个原子自发辐射的同频率的光是不相干的, 原子受激辐射的光与入射光是相干的;
- (C) 两个原子自发辐射的同频率的光是相干的, 原子受激辐射的光与入射光是不相干的;
- (D) 两个原子自发辐射的同频率的光是相干的, 原子受激辐射的光与入射光是相干的。

7. 激发本征半导体中传导电子的几种方法有(1)用三价元素掺杂, (2)用五价元素掺杂, (3)热激发, (4)光激发。对于纯锗和纯硅这类本征半导体, 在上述方法中能激发其传导电子的只有

- [] (A) (1)和(2) (B) (3)和(4) (C) (1) (2)和(3) (D) (1) (2)和(4)

8. 证实电子存在自旋的相关实验是:

- [] (A) 康普顿实验; (B) 卢瑟福实验;
- (C) 戴维孙—革末实验; (D) 斯特恩—革拉赫实验。

二、填空题:

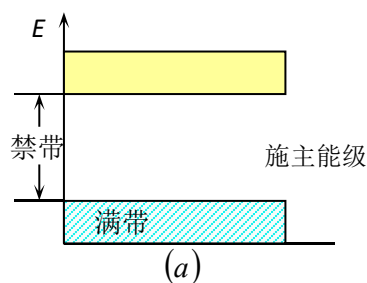
1. 1921 年斯特恩和革拉赫在实验中发现: 一束处于 s 态的原子射线在非均匀磁场中分裂为两束。对于这种分裂用电子轨道运动的角动量空间取向量子化难于解释, 只能用_____来解释。

2. 多电子原子中, 电子的排列遵循 _____ 原理和 _____ 原理, 前者指的是 _____, 后者指的是 _____。

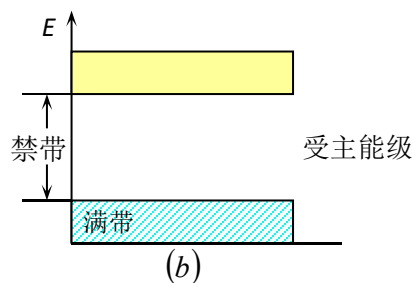
3. 根据量子力学理论, 氢原子中电子的轨道角动量 $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$, 当主量子数 $n = 3$ 时, 电子的轨道角动量可能取值为_____。若氢原子中电子的轨道角动量为 $\sqrt{12}\hbar$, 则其在外磁场方向的投影可能取的值分别为_____。

4. 玻尔氢原子理论中, 电子轨道角动量最小值为_____; 而量子力学理论中, 电子轨道角动量最小值为_____。

5. 根据泡利不相容原理, 在主量子数 $n = 4$ 的电子壳层上最多可能有的电子数为_____个, 它有_____个支壳层, $4p$ 支壳层上可容纳_____个电子。
6. 有一种原子, 在基态时 $n = 1$ 和 $n = 2$ 的主壳层都填满电子, $3s$ 支壳层也填满电子, 而 $3p$ 支壳层只填充一半, 这种原子的原子序数是_____。
7. 锂($Z = 3$)原子中含有 3 个电子, 电子的量子态可用(n, l, m_l, m_s)四个量子数来描述, 若已知基态锂原子中一个电子的量子态为 $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$, 则其余两个电子的量子态分别为(_____)和(_____)。
8. 钴($Z = 27$)有两个电子在 $4s$ 态, 没有其它 $n \geq 4$ 的电子, 则在 $3d$ 态的电子可有_____个。
9. 与绝缘体相比较, 半导体能带结构的特点是_____。
10. p 型半导体中杂质原子所形成的局部能级(也称受主能级), 在能带结构中应处于_____;
 n 型半导体中杂质原子所形成的局部能级(也称施主能级), 在能带结构中应处于_____。
11. 若锗用铈(五价元素)掺杂, 则成为_____型半导体, 它的多数载流子是_____;
若硅用铝(三价元素)掺杂, 则成为_____型半导体, 它的多数载流子是_____。
请在所附的两个能带图中分别定性画出施主能级或受主能级。



n 型半导体



p 型半导体

12. 纯净锗吸收辐射的最大波长为 $\lambda = 1.9 \mu\text{m}$, 锗的禁带宽度为_____eV。

三、计算题:

1. 根据泡利不相容原理, 在主量子数 $n = 2$ 的电子壳层上最多可能有多少个电子? 试写出每个电子所具有的四个量子数 n, l, m_l, m_s 之值。

2. 已知锗的禁带宽度为 0.78 eV ，则 $T = 0 \text{ K}$ 时锗能吸收的辐射的最长波长是多少 μm ?
(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)