

## 十、量子力学

### 一、选择题

1. 用频率为 $\nu_1$ 的单色光照射某种金属时,测得饱和电流为 $I_1$ ,以频率为 $\nu_2$ 的单色光照射该金属时,测得饱和电流为 $I_2$ ,若 $I_1 > I_2$ ,则

- (A)  $\nu_1 > \nu_2$ . (B)  $\nu_1 < \nu_2$ .  
(C)  $\nu_1 = \nu_2$ . (D)  $\nu_1$ 与 $\nu_2$ 的关系还不能确定. [

2. 已知用光照的办法将氢原子基态的电子电离,可用的最长波长的光是 913 Å 的紫外光,那么氢原子从各受激态跃迁至基态的赖曼系光谱的波长可表示为:

- (A)  $\lambda = 913 \frac{n-1}{n+1} \text{ Å}$ . (B)  $\lambda = 913 \frac{n+1}{n-1} \text{ Å}$ .  
(C)  $\lambda = 913 \frac{n^2+1}{n^2-1} \text{ Å}$ . (D)  $\lambda = 913 \frac{n^2}{n^2-1} \text{ Å}$ . [

3. 由氢原子理论知,当大量氢原子处于  $n=3$  的激发态时,原子跃迁将发出:

- (A) 一种波长的光. (B) 两种波长的光.  
(C) 三种波长的光. (D) 连续光谱.

### 二、填空题

4. 光子波长为 $\lambda$ ,则其能量=\_\_\_\_\_ ; 动量的大小 =\_\_\_\_\_ ; 质量=\_\_\_\_\_ .

5. 玻尔的氢原子理论的基本假设是:

(1) \_\_\_\_\_ ,

(2) \_\_\_\_\_ ,

(3) \_\_\_\_\_ .

6. 设描述微观粒子运动的波函数为  $\Psi(\mathbf{r}, t)$  , 则  $\Psi\Psi^*$  表示 \_\_\_\_\_ ;

$\Psi(\mathbf{r}, t)$  须满足的条件是 \_\_\_\_\_ ; 其归一化条

件是 \_\_\_\_\_ .

### 三、计算题

7. 组成某双原子气体分子的两个原子的质量均为  $m$ , 间隔为一固定值  $d$ , 并绕通过  $d$  的中点而垂直于  $d$  的轴旋转, 假设角动量是量子化的, 并符合玻尔量子化条件. 试求: (1) 可能的角速度; (2) 可能的量子化的转动动能.

8. 根据玻尔理论

- (1) 计算氢原子中电子在量子数为  $n$  的轨道上作圆周运动的频率;  
(2) 计算当该电子跃迁到  $(n-1)$  的轨道上时所发出的光子的频率;  
(3) 证明当  $n$  很大时, 上述(1)和(2)结果近似相等.

9. 同时测量能量为 1 keV 作一维运动的电子的位置与动量时, 若位置的不确定值在 0.1 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 内, 则动量的不确定值的百分比  $\Delta p / p$  至少为何值?

(电子质量  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$ , 普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ )

### 参考答案

#### 一、选择题

DDC

## 二、填空题

4.  $hc/l$   
 $h/l$

$h/(cl)$

## 5. 量子化定态假设

量子化跃迁的频率法则  $\nu_{kn} = |E_n - E_k|/h$

角动量子化假设  $L = nh/2\pi \quad n=1, 2, 3, \dots$

## 6. 粒子在 $t$ 时刻在 $(x, y, z)$ 处出现的概率密度

单值、有限、连续

$$\iiint |\Psi|^2 dx dy dz = 1$$

## 三、计算题

### 7. 解: (1) 此双原子气体分子绕轴旋转时的角动量为:

$$L = \frac{1}{2} m \omega d^2$$

据  $L = nh/(2\pi), n=0, 1, 2, \dots$

则  $\frac{1}{2} m \omega d^2 = nh/(2\pi), \quad \omega = nh/(m\pi d^2)$

### (2) 此系统的转动动能为:

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 r^2 \times 2 = m \omega^2 r^2 = \frac{n^2 h^2}{4m\pi^2 d^2}, n=0, 1, 2, \dots$$

8. 解: (1)  $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{①}$

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad \text{②}$$

$$\omega_n = \frac{v}{r} \quad \text{③}$$

①、②、③联立解出  $\omega_n = \frac{\pi m e^4}{2\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3}$

$$\nu_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{m e^4}{4\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3}$$

### (2) 电子从 $n$ 态跃迁到 $(n-1)$ 态所发出光子的频率为

$$\begin{aligned} \nu' &= \frac{c}{\lambda} = cR \left[ \frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2} \right] = cR \frac{2n-1}{n^2(n-1)^2} \\ &= \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{2n-1}{n^2(n-1)^2} \end{aligned}$$

### (3) 当 $n$ 很大时, 上式变为

$$\nu' = \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{2-(1/n)}{n(n-1)^2} \approx \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3} = \nu_n$$

### 9. 解: 1 keV 的电子, 其动量为

$$p = (2mE_K)^{1/2} = 1.71 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

据不确定关系式:  $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$

得  $\Delta p = \hbar / \Delta x = 0.106 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$\therefore \Delta p / p = 0.062 = 6.2\%$

[若不确定关系式写成  $\Delta p \cdot \Delta x \geq h$  则  $\Delta p / p = 39\%$ , 或写成  $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar/2$  则  $\Delta p / p = 3.1\%$ , 均可视为正确.]