

原子物理

肖涵薄 31360164

2018 年 12 月 12 日

Q1. 请计算 He 原子激发态 $1s, 2p$ 态在 LS 耦合下的可能原子组态, 并计算各个组态下的 g 因子。

根据 S 不同, 有 2 种情况:

$$L = 1, \quad S = 0, \quad J = 1$$

$$L = 1, \quad S = 1, \quad J = 0, 1, 2$$

根据 g 计算式可得:

$$L = 1, \quad S = 0, \quad \left\{ \begin{array}{l} J = 1, \quad g = 1 \\ J = 0, \quad g \text{ 不存在} \\ J = 1, \quad g = 1.5 \\ J = 2, \quad g = 1.5 \end{array} \right.$$

Q2. 请计算 Pb 原子电子组态 $6p, 7s$ 在 JJ 耦合下的可能原子组态, 并计算各个组态下的 g 因子。

$6p$ 电子可能为:

$$s = 1/2, \quad l = 1, \quad j_1 = 1/2, 3/2, \quad g = 0.67, 1.33$$

$7s$ 电子可能为:

$$s = 1/2, \quad l = 0, \quad j_2 = 1/2, \quad g = 2$$

Q3. 请画出 CA 的激发态 $4S4P$ 在 LS 耦合下的可能原子组态及对应的能量（相对于基态）。 2

$$g = \frac{g_1 + g_2}{2} + \frac{(g_1 - g_2)(\hat{j}_1^2 - \hat{j}_2^2)}{2\hat{j}^2}$$

则总 $g =$

$$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right), g = 1.335$$

$$\left(\frac{3}{2}, \frac{1}{2}\right), g = 1.4975$$

Q3. 请画出 Ca 的激发态 $4s4p$ 在 LS 耦合下的可能原子组态及对应的能量（相对于基态）。

共有 $^1P_1, ^3P_0, ^3P_1, ^3P_2$ 四种态，由洪特规则， $S = 0$ 的态能力最高，且遵守正常次序， J 较小的能量低，且 $U_{^3P_0} - U_{^3P_1} : U_{^3P_1} - U_{^3P_2} = 1 : 2$ ：

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{ll} \text{---} & ^1P_1 \\ \text{---} & ^3P_2 \\ & \\ & \text{---} & ^3P_1 \\ \text{---} & ^3P_0 \end{array} \right.$$

根据自旋轨道耦合能量计算式，取 $Z^* = 2, n = 4$

$$U = \frac{hc\alpha^2 R Z^{*4}}{n^3 l(l + \frac{1}{2})(l + 1)} \frac{j(j + 1) - l(l + 1) - s(s + 1)}{2} \propto \alpha^4, R = \frac{mc^2 e^4}{4\pi(4\pi\epsilon_0)^2 (c\hbar)^3} = 1.1 \times 10^7 m^{-1}$$

$$\begin{array}{l} L = 1, \quad S = 0, \quad J = 1, \quad \Delta U = 0 \mu eV \\ \\ L = 1, \quad S = 1, \quad \left\{ \begin{array}{l} J = 0, \quad \Delta U = -120.8 \mu eV \\ J = 1, \quad \Delta U = -60.4 \mu eV \\ J = 2, \quad \Delta U = 60.4 \mu eV \end{array} \right. \end{array}$$

Q4. 请给出 Ca 气体光谱的结构，仅考虑 $4s4p$ 态到基态的跃迁。

$4s4p \Rightarrow 4s^2$ 跃迁后 $L = S = J = 0$ 。由于选择定则 $\Delta S = 0$ ，仅有 4^1P_1 态能一次跃迁到基态。即只有一条谱线。

Q5. 请给出在磁场中 Ca 的基态和 $4s4p$ 各个原子组态能级的移动情况及在磁场中 Ca 气体的光谱,仅考虑 $4s4p$ 态到基态

Q5. 请给出在磁场中 Ca 的基态和 $4s4p$ 各个原子组态能级的移动情况及在磁场中 Ca 气体的光谱, 仅考虑 $4s4p$ 态到基态的跃迁。请考虑弱磁场和强磁场两种情况。

弱场

$$\begin{array}{l} {}^1P_1 \left\{ \begin{array}{l} m = 1 \\ m = 0 \\ m = -1 \end{array} \right. \\ {}^3P_0 \quad m = 0 \\ {}^3P_1 \left\{ \begin{array}{l} m = 1 \\ m = 0 \\ m = -1 \end{array} \right. \\ {}^3P_2 \left\{ \begin{array}{l} m = 2 \\ m = 1 \\ m = 0 \\ m = -1 \\ m = -2 \end{array} \right. \end{array}$$

共 12 条

其中由于 $\Delta S = 0$ 约束, 能跃迁到基态的有三条:

$${}^1P_1 \left\{ \begin{array}{l} m = 1 \\ m = 0 \\ m = -1 \end{array} \right.$$

强场

$$L = 1, S = 0, 1, m_L + 2m_S = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$$

Q5. 请给出在磁场中 CA 的基态和 $4S4P$ 各个原子组态能级的移动情况及在磁场中 CA 气体的光谱,仅考虑 $4S4P$ 态到基态

$$\left\{ \begin{array}{l} m_L + 2m_S = 3 \\ m_L + 2m_S = 2 \\ m_L + 2m_S = 1 \\ m_L + 2m_S = 0 \\ m_L + 2m_S = -1 \\ m_L + 2m_S = -2 \\ m_L + 2m_S = -3 \end{array} \right.$$

共 7 条

其中由于 $\Delta S = 0$ 约束，能跃迁到基态的有三条：

$$^1P_1 \left\{ \begin{array}{l} m_L + 2m_S = 1 \\ m_L + 2m_S = 0 \\ m_L + 2m_S = -1 \end{array} \right.$$