

物理学专业 2003 级原子物理学期终试题 A 参考答案

一、简答题

每小题 3 分，共 15 分。

- 1、定态假设，频率条件
- 2、在原子中不能有两个电子处在同一状态。
- 3、从同一电子组态形成的能级中，S 值最大的能级位置最低；具有相同 S 值的能级中，具有最大 L 值的位置最低。
- 4、一般光学光谱产生于价电子的跃迁，X 射线谱则产生于内壳层电子的跃迁。
- 5、这是泡利不相容原理的要求。

二、选择题

每小题 2 分，共 20 分。

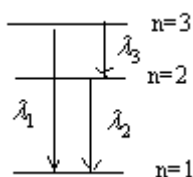
1 C 2 D 3 D 4 A 5 A 6 B 7 D 8 B 9 D 10 B

三、本题由三个小题组成，每小题 5 分，共 15 分。

(1) 由于 $E_n = -R_H hc / n^2$

$E_1 = -13.6\text{eV}$, $E_2 = -3.4\text{eV}$, $E_3 = -1.51\text{eV}$, $E_4 = -0.85\text{eV}$
因此,可被激发至 $n=3$ 的能级。

(2) 可能发射三条谱线, 如下图示。



(3) 由图可知, 最长的波长为 λ_3 , 最短的波长为 λ_1 。

$$\frac{1}{\lambda_1} = R_H \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right] \quad \lambda_1 = 1025.7 \text{ \AA}$$

$$\frac{1}{\lambda_3} = R_H \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right] \quad \lambda_3 = 6563 \text{ \AA}$$

四、本题由三个小题组成, 每小题 4 分, 共 12 分。

(1) 把 Li 看作类氢原子时, 则其 2s 电子电离能为:

$$E = Rhc / 2^2 = 13.6\text{eV} / 4 = 3.4\text{eV}$$

(2) 令 $n \rightarrow \infty$, 得 2s 电子电离能:

$$E = hc\tilde{\nu}_\infty = \frac{Rhc}{(2 - 0.4049)^2} = 5.358\text{eV}$$

(3) 把 Li 看作类氢原子时, 则其 2s 电子电离能小于实验值, 原因是原子实的极化和轨道贯穿, 使价电子的能量降低。因为 2s 电子的轨道量子数 $l = 0$, 它的轨道扁, 上述两种效应明显, 使其电离能明显大于 3.4eV。

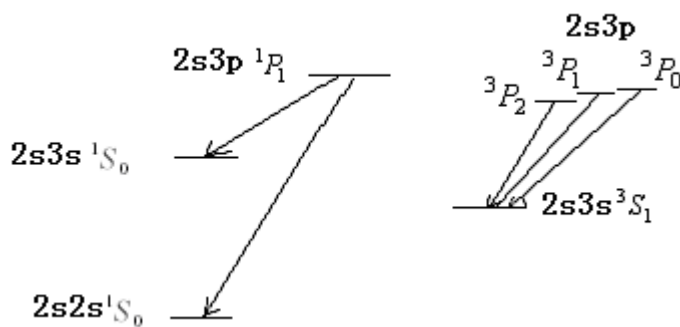
五、本题由三个小题组成, 每小题 5 分, 共 15 分。

(1) Be 原子处于基态时, 其电子组态为 $1s^2 2s^2$, 由于泡利原理的要求, 原子基态的原子态为 1S_0 。

(2) (2) 对 $2s3p$ 电子组态, 按 LS 耦合方案, 可形成的原子态有:

$$^3P_2, \quad ^3P_1, \quad ^3P_0, \quad ^1P_1$$

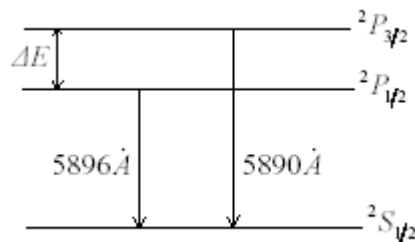
(3) 所有可能的跃迁见下图所示:



六、本题由三个小题组成, 每小题 4 分, 共 12 分。

(1) Na 原子的 5890Å, 5896Å 精细谱线是由 $^2P_{3/2}$, $^2P_{1/2}$ 向 $^2S_{1/2}$ 跃迁产生。原子态标示于下图。

(2) ΔE 产生的原因: 由于电子自旋与轨道运动的相互作用, 使得 2P 能级分裂为两个能级 $^2P_{3/2}$, $^2P_{1/2}$ 。而 2S 能级不分裂 (为 $^2S_{1/2}$)。分裂后能级图示:



(3) 求图示中的 ΔE 。

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{2P_{3/2}} - E_{2P_{1/2}} = (E_{2P_{3/2}} - E_{2S_{1/2}}) - (E_{2P_{1/2}} - E_{2S_{1/2}}) \\ &= \frac{hc}{5890\text{Å}} - \frac{hc}{5896\text{Å}} = 17.2 \text{ cm}^{-1} = 2.146 \times 10^{-3} \text{ eV} = 3.436 \times 10^{-22} \text{ J} \end{aligned}$$

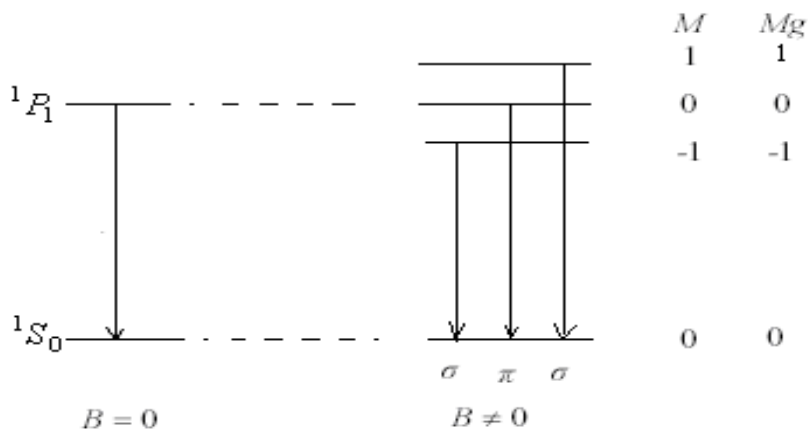
七、本题由三个小题组成, 第 (1)、(2) 问各 4 分, 第 (3) 问 3 分, 共 11 分。

(1) 对 1S_0 态, $J=0$, 其能级在磁场中不分裂。

对 1P_1 态, 朗德 g 因子为:

$$g = 1 + \frac{J(J+1) - L(L+1) + S(S+1)}{2J(J+1)} = 1$$

$J=1$, 其能级在磁场中分裂为三个能级。在磁场中, 能级的分裂和相应的能级跃迁图如下所示:



(2) 相邻谱线的波数差为 $1L$,

$$1 \times \frac{\mu_B B}{hc} = 0.467 \quad \text{或} \quad \Delta\tilde{\nu} = \frac{Be}{4\pi mc} = 0.467$$

$$\Rightarrow B = hc * 0.467 / \mu_B = 1.002T$$

(3) 在垂直于磁场方向, 可观察到所有三条谱线, 均为线偏振光;
在平行于磁场方向, 可观察到两条 σ 谱线, 均为圆偏振光。