Compito di Fisica Atomica e Molecolare
21/01/20

Problema 1

L'energia per gli atomi alcalini vale

$$E_{nl} = -\frac{R}{(n-\alpha_l)^2}$$

dove si è assunto che il difetto quantico sia indipedente da n.
a) Lo stato fondamentale è 3s, quindi l'energia di ionizzazione sarà

$$E_{ion} = -E_{3s}$$

abbiamo

$$E_{3s} = -\frac{R}{(3-1.373)^2} = -41455cm^{-1}$$

b) Per gli altri livelli abbiamo

4p: -11295 cm^{-1}

4s: -15901 cm^{-1}

3d: -12275 cm^{-1}

3p: -24486 cm^{-1}

L'ordine dei livelli sarà quindi a partire dal basso $3s$, $3p$, $4s$, $3d$, $4p$. In emissione avremo transizioni dal $4p$ verso il $3s$, il $4s$ ed il $3d$. Le transizioni verso il $3p$ sono vietate dalla regola di selezione $\Delta l = \pm 1$,

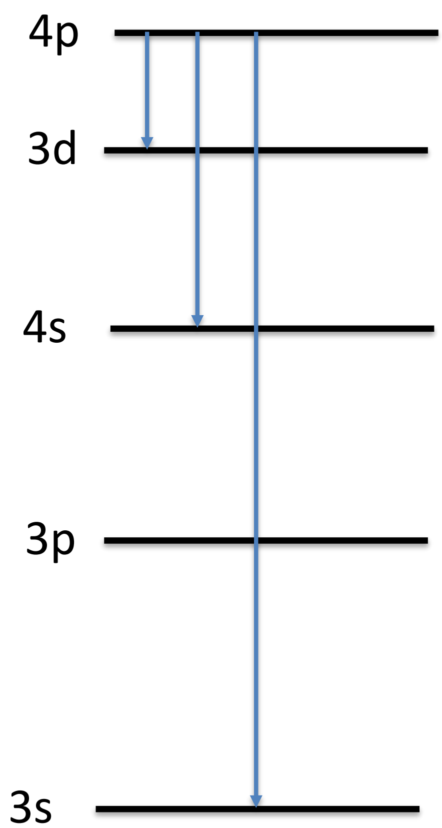

Figure 1:

c) Per verificare che si tratta di effetto Zeeman normale dobbiamo confrontare il termine $\mu^B B$ con lo spin-orbita. Abbiamo:

$$\mu_B B = 5.788 \cdot 10^{-5} \times 70 \quad eV = 0.00405 \quad eV$$

che corrisponde a $\mu_B B = 32.7$ cm^{-1}. Quindi $\mu_B B > \Delta_{SO}(4p)$.

Le correzioni ai livelli energetici dovuti a Zemman Normale si applicano direttamente agli stati imperturbati ignorando le correzioni spin orbita. La forma delle correzioni Zeeman normale sono nella forma:

$$\Delta\Delta E = \mu_B B(m_l + 2m_s).$$

Lo splitting dei livelli è riportato in figura.

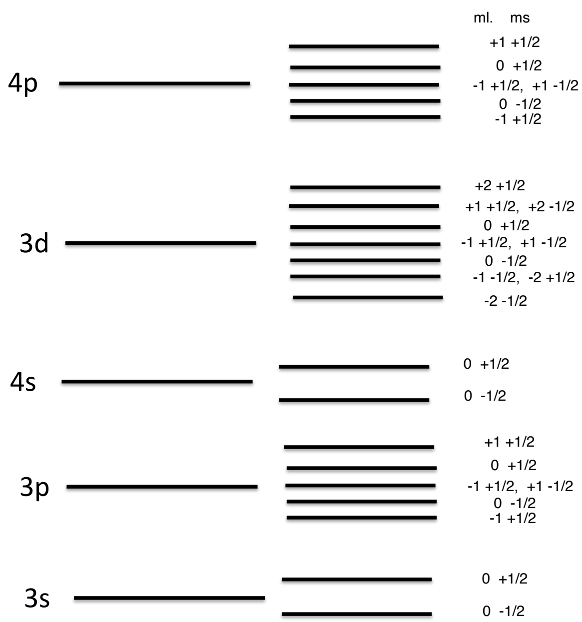

Figure 2:

d) Le transizioni sono determinate dalle regole di selezione $\Delta m_s = 0$ e $\Delta m_l = 0, \pm 1$, quindi dallo stato $4p$ a $3s$ avremo le righe:

4p	+1 +1/2	→	3s	0 +1/2
4p	0 +1/2	→	3s	0 +1/2
4p	-1 +1/2	→	3s	0 +1/2
4p	+1 -1/2	→	3s	0 -1/2
4p	0 -1/2	→	3s	0 -1/2
4p	-1 -1/2	→	3s	0 -1/2

Problema 2

Dallo spettro di righe

$$\Delta\nu = 2B = 3.86 \quad cm^{-1}$$

da cui $B = 1.93$ cm^{-1}. Con B in cm^{-1}

$$R_0^2 = \frac{\hbar}{4\pi c\mu B}$$

La massa ridotta vale $\mu = 6.86 \times 1.66 \cdot 10^{-27}$ kg. Quindi $\mu = 1.138 \cdot 10^{-26}$ kg.

Si ricava

$$R_0^2 = 1.274 \cdot 10^{-20} \quad m^2 \tag{1}$$

quindi $R_0 = 1.13 \cdot 10^{-10}$ m anche $R_0 = 1.13$ Å.

$$D_e = D_0 + \frac{1}{2}\nu_0$$

quindi: $D_e = 89800$ cm^{-1}.

$$k_e = 2D_e\alpha^2$$

Sappiamo che in cm^{-1}

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi c}\sqrt{\frac{k_e}{\mu}}$$

quindi

$$k_e = (2\pi c\nu_0)^2\,\mu$$

N.B. se ν_0 in cm^{-1} si ha $2\pi c\nu_0$ in s^{-1}

Risulta:$k_e = 1904$ N/m (o J/m^2). Da questo si ottiene: $\alpha = 2.31 \cdot 10^{10}$ m^{-1}.

Il numero quantico K per il quale si ha il massimo di occupazione è dato da

$$K_m = \sqrt{\frac{k_BT}{2B}} - \frac{1}{2}$$

con $T = 240$ K risulta $k_BT = 0.0207$ eV equivalente a $k_BT = 166.8$ cm^{-1}. Si ottiene $K_m \approx 6.$,