1.1.80 Problema

Si supponga di inviare radiazione elettromagnetica di energia compresa fra 2 *e* $3.3eV$ su un gas di atomi di potassio (^{19}K) di cui sono noti l'energia di ionizzazione pari a 4.34 eV, l'energia della transizione $4s \to 4p = 13015\ cm^{-1}$ e il difetto quantico $\mu_d = 0.14$. Si chiede:

a) Quale è la sequenza corretta delle energie di legame dei livelli $3d, 4d, 5p$?
b) Dire quali livelli vengono eccitati otticamente e che energie hanno le righe di assorbimento.
c) Dire quali transizioni si hanno nel decadimento allo stato fondamentale e che energie hanno le corrispondenti righe di emissione (si trascuri l'interazione S.O.).
d) Accendendo un campo magnetico debole e costante si osserva che la riga $4S_{1/2} \to 5P_{1/2}$ si scinde in più righe. La separazione fra le righe estreme è $0.1cm^{-1}$. Valutare l'intensità del campo magnetico.

Soluzione

a) Le energie di legame dei 2 livelli d si ricavano immediatamente conoscendo il difetto quantico μ_d:
$E_{3d} = -\frac{13.61}{(3-0.14)^2} = -1.66eV$, $E_{4d} = -\frac{13.61}{(4-0.14)^2} = -0.91eV$,
mentre, per calcolare l'energia di legame del livello $5p$, occorre ricavare il difetto quantico μ_p nel modo seguente:
$E_{4s} - E_{4p} = 1.6eV$ e $E_{4s} - E_\infty = 4.34eV$.
Quindi
$E_{4p} = 4.34 - 1.6 = 2.74eV = \frac{13.61}{(4-\mu_p)^2}$
da cui
$4 - \mu_p = \sqrt{\frac{13.61}{2.74}} = 2.24$ e $\mu_p = 1.76$.

$E_{5p} = -\frac{13.61}{(5-1.76)^2} = -1.30eV$.
La sequenza dei livelli è $3d, 5p, 4d$.

b) Nella configurazione di stato fondamentale l'elettrone di valenza occupa il livello $4s$ e quindi, dalle regole di selezione, sappiamo che le transizioni ottiche in assorbimento possono avvenire solo ai livelli superiori $4p, 5p, 6p$. Quindi:
$E_{4s} - E_{4p} = 1.6eV$, $E_{4s} - E_{5p} = 4.34 - \frac{13.61}{(5-1.76)^2} = 4.34 - 1.30 = 3.04eV$
e $E_{4s} - E_{6p} = 4.34 - \frac{13.61}{(6-1.76)^2} = 4.34 - 0.76 = 3.58eV$.
Pertanto sono coinvolti solo i livelli 5p nell'intervallo di energia indicato nel testo.

c) Nel decadimento allo stato fondamentale potranno aver luogo le transizioni: $5p \to 4s$, $5p \to 5s$, $5p \to 3d$, $5s \to 4p$, $3d \to 4p$, $4p \to 4s$.
Dobbiamo ricavare l'energia del livello $5s$ e lo possiamo fare calcolando prima il difetto quantico μ_s a partire dall'energia del livello $4s$. Otteniamo $\mu_s = 2.6$ e

quindi $E_{5s} = -2.36eV$.
A questo punto è facile ricavare le energie delle righe di emissione:
$E_{5p} - E_{4s} = 3.04eV$
$E_{5p} - E_{3d} = (-1.30 + 1.66) = 0.36eV$
$E_{3d} - E_{4p} = (-1.66 + 2.74) = 1.08eV$
$E_{4p} - E_{4s} = 1.6eV$
$E_{5p} - E_{5s} = (-1.30 + 2.36)eV = 0.98eV$
$E_{5s} - E_{4p} = (-2.36 + 2.74)eV = 0.38eV$.

d) $\Delta E = \mu_B B g m_j$ dove $g = 1 + \frac{j(j+1)+s(s+1)-l(l+1)}{2j(j+1)}$.

Dato che per $s_{1/2}$ $g = 2$ e per $p_{1/2}$ $g = 2/3$, la transizione più energetica e quella meno energetica sono separate da $(2/3 + 2)\mu_B B$.
Ricordando che $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24} J/T$ e che $0.1cm^{-1} = 1.23 \times 10^{-5} eV = 1.98 \times 10^{-24} J$ otteniamo $B = \frac{3 \times 1.98 \times 10^{-24} J}{8 \times 9.27 \times 10^{-24} J/T} = 0.08T$.