

Esercizio 1

Una ampolla contiene atomi di Be, eccitati in parte nello stato 3^3S_1 , in parte nello stato 3^1S_0 .

1) Quali e quante transizioni si osservano nella diseccitazione allo stato fondamentale $(2s)^2$ se si considerano solo transizioni a un solo elettrone in interazione SO non nulla e si utilizza uno spettroscopio con potere risolutivo infinito?

2) In presenza di un campo magnetico debole e costante, quali e quante delle precedenti transizioni danno luogo a emissione di fotoni con polarizzazione del fotone parallela a B?

3) Quali righe di emissione si hanno alla stessa energia di quelle che si osservano in assenza di campo magnetico?

Esercizio 2

Calcolare il valore del difetto quantico per i livelli s e p nell' atomo di potassio conoscendo:

a) l'energia di ionizzazione $E_{ion} = 4.34\text{eV}$

b) l'energia della transizione $E(4s \rightarrow 4p) = 13015 \text{ cm}^{-1}$.

(Si ricorda che $1 \text{ eV} = 8065 \text{ cm}^{-1}$). Si trascuri l' interazione spin-orbita.

Esercizio 5

Una ampolla contenente atomi di Na a temperatura ambiente e' immersa in un campo magnetico costante ed omogeneo $B=5000 \text{ Gauss}$. Si invia nella direzione parallela a B una radiazione em tra $[10000-18000] \text{ cm}^{-1}$ polarizzata circolarmente. Si osserva con uno spettroscopio di potere risolutivo $P = 10^6$ nella direzione ortogonale al campo B la radiazione emessa. Se si interpone tra l' ampolla e lo spettroscopio un filtro che lasci passare la luce polarizzata parallelamente a B, si chiede:

a) trovare le energie dei livelli;

b) quante righe vengono osservate;

c) fra quali stati sono avvenute le transizioni.

Assumere che i livelli del sodio sono descritti da $\delta(s) = 1.37$, $\delta(p) = 0.85$, $\delta(d) = 0$, $E_{SO}(3p) = 17 \text{ cm}^{-1}$

Esercizio 3

Atomi di K ($Z=19$, $[\text{Ne}]4s$) a temperatura ambiente sono colpiti da una radiazione e.m. con spettro di intensita' uniforme compreso fra $\nu_1=10^4 \text{ cm}^{-1}$ e $\nu_2=2 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$. Si chiede:

a) Quante righe si osserveranno in assorbimento e a quale energia?

1) Una ampolla contiene atomi di Be, eccitati in parte nello stato 3^3S_1 , in parte nello stato 3^1S_0
 - Quali e quante transizioni si osservano nella diseccitazione allo stato fondamentale $(2s)^2$ se si considerano solo transizioni a un solo elettrone in interazione SO non nulla e si utilizza uno spettroscopio con potere risolutivo infinito? In presenza di un campo magnetico debole e costante, quali e quante delle precedenti transizioni danno luogo a emissione di fotoni con polarizzazione del fotone parallela a \mathbf{B} ?
 - Quali righe di emissione si hanno alla stessa energia di quelle che si osservano in assenza di campo magnetico?

Il Be ($Z=4$) è un metallo alcalino-terroso, con una configurazione a due elettroni ottici $2s$, tipo He e cioè $(1s)^2(2s)^2$. Pertanto lo stato fondamentale è il 2^1S_0 , essendo il 2^3S_1 vietato. I primi stati eccitati a elettrone singolo, **per elettroni non equivalenti** (n e/o l diversi),

sono

| | | | | |
|-----------------------------|---------|---------------|----------|--------------|
| $2s2p \rightarrow S = 0, 1$ | $L = 1$ | \rightarrow | 2^1P_1 | 2^3P_{012} |
| $2s3s \rightarrow S = 0, 1$ | $L = 0$ | \rightarrow | 3^1S_0 | 3^3S_1 |
| $2s3p \rightarrow S = 0, 1$ | $L = 1$ | \rightarrow | 3^1P_1 | 3^3P_{012} |
| $2s3d \rightarrow S = 0, 1$ | $L = 2$ | \rightarrow | 3^1D_2 | 3^3D_{123} |

con energie tutte diverse fra loro

I termini 3^3S_1 e 3^1S_0 possono avere origine solo dalla configurazione elettronica $2s3s$.

Si noti che la eccitazione ai livelli 3^3S_1 e 3^1S_0 può essere avvenuta solo per urto con elettroni o per eccitazione con fotoni a livelli energetici più alti, permessi in approssimazione di dipolo, e successivo rilassamento a stati di energia inferiore.

Le regole di selezione sono

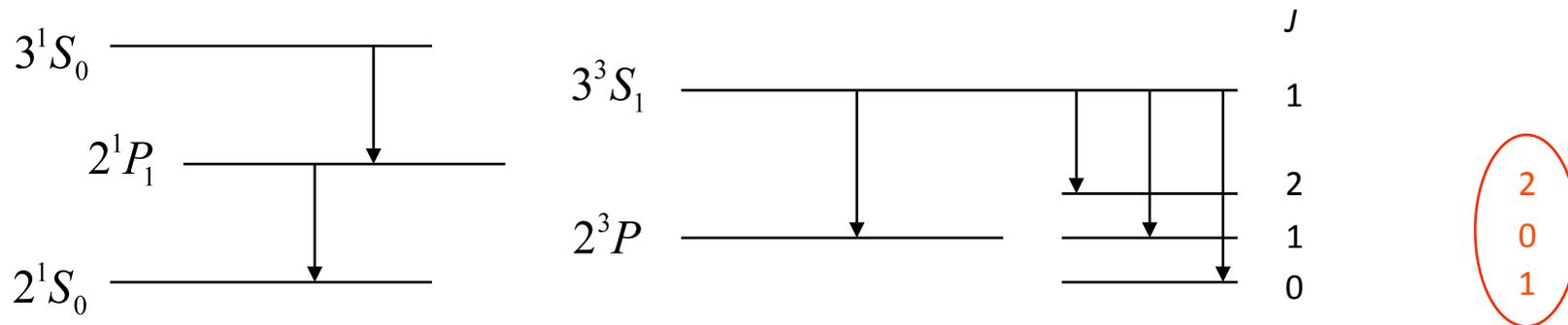
$$\Delta J = 0, \pm 1 \quad \text{ma } J=0 \rightarrow J=0 \text{ vietata}$$

$$\Delta M_J = 0, \pm 1 \quad \text{ma } M_J = 0 \rightarrow M_J = 0 \text{ se e solo se } \Delta J \neq 0$$

$$\Delta L = 0, \pm 1 \quad \text{ma } L=0 \rightarrow L=0 \text{ vietata}$$

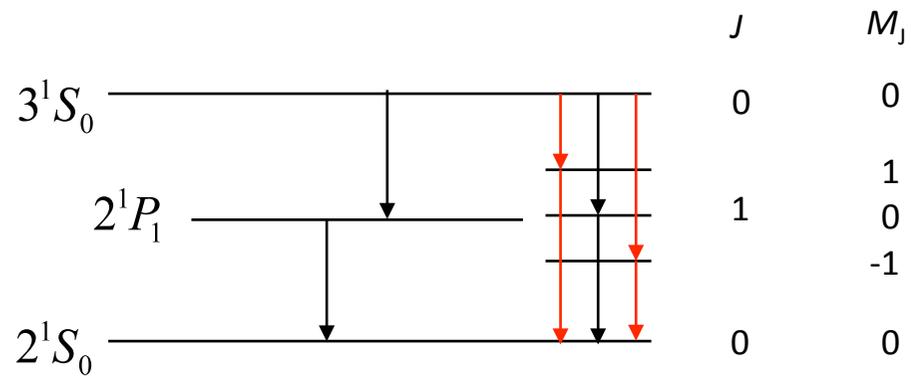
$$\Delta S = 0 \quad \text{S buon numero quantico in accoppiamento } L-S, \text{ ovvero } SO \text{ debole}$$

Transizioni permesse di dipolo elettrico



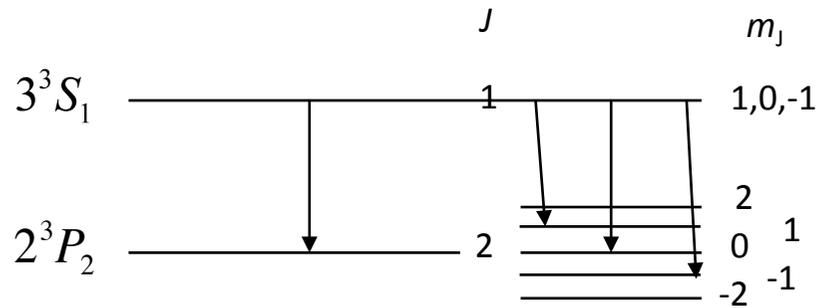
In conclusione, 5 righe in assenza di campo magnetico, 3 in assenza di interazione SO (o per basso potere risolutivo dello spettroscopio) .

Applichiamo ora il campo magnetico B debole (inferiore allo splitting SO) e calcoliamo numero di transizioni permesse e polarizzazione della luce emessa



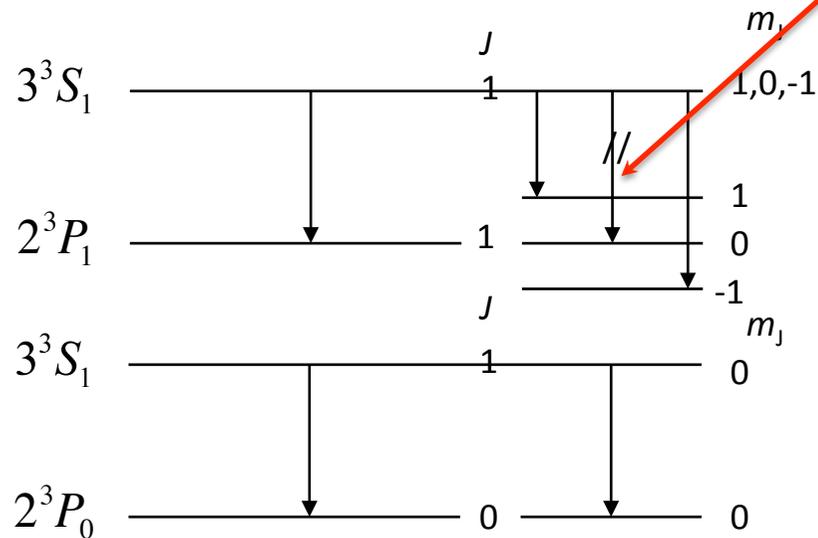
$\perp \mathbf{B} \rightarrow \Delta M_j = \pm 1 \rightarrow 4 \text{ righe}$

$// \mathbf{B} \rightarrow \Delta M_j = 0 \rightarrow 2 \text{ righe}$



$//\mathbf{B} \rightarrow \Delta M_J = 0 \rightarrow 7$ righe, ma
 la $3^3S_{1,0} \rightarrow 2^3P_{1,0}$ ($^{2S+1}L_{J,MJ}$) e' *vietata*
 essendo $\Delta M_J = 0$ *ma anche* $\Delta J = 0$

$\perp\mathbf{B} \rightarrow \Delta M_J = \pm 1 \rightarrow 12$ righe



Avremo pertanto 8 righe con polarizzazione del fotone parallela al campo, 6 dal tripletto

Le due transizioni di singoletto e due delle sei di tripletto (quelle fra stati con $M_J = 0$)
 non cambiano di energia con l'applicazione del campo \mathbf{B} : $\Delta E = M_J g \mathbf{B}$

Esercizio 2

Il potassio è un atomo alcalino con $Z=19$.

- la distribuzione degli elettroni nello stato fondamentale è descritta da $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^6(4s)^1$ perché il livello $3d$ ha energia maggiore del livello $4s$.

Nei alcalini gli singoli elettroni sentono l'interazione del nucleo e degli $(N-1)$ elettroni delle shell chiuse sostanzialmente come un potenziale simile all'atomo idrogenoide in cui $Z \rightarrow Z_{eff} = Z - N + 1$ $n \rightarrow n^* = n - \delta_{n,l}$ e di conseguenza

$$E_{n,l} = -\frac{Z_{eff}^2 R(\infty)}{n^{*2}} = -\frac{1 R(\infty)}{(n - \delta_{n,l})^2}$$

don $\delta_{n,l}$ sono detti "detti quantici" e sono le correzioni al potenziale "idrogenoide".

Per calcolare i detti quantici allora usiamo l'energia di prima ionizzazione che è l'energia per estrarre l'elettrone dal livello $4s$.

$$E_{ion} = 4.34 \text{ eV} = 4.34 \cdot 8065.49 \text{ cm}^{-1} = 35009 \text{ cm}^{-1}$$

$$\Rightarrow E_{ion} = R(\infty) \frac{1}{(4 - \delta_s)^2} \rightarrow 4 - \delta_s = \sqrt{\frac{R(\infty)}{E_{ion}}} = 1.77$$

$$\Rightarrow \delta_s = 2.22$$

Il detto δ_p è ricavabile dalla differenza di energia tra i livelli $4s$ e $4p$.

$$E(4p) - E(4s) = -\frac{R(\infty)}{(4 - \delta_p)^2} + \frac{R(\infty)}{(4 - \delta_s)^2} = 13015 \text{ cm}^{-1}$$

Ne consegue che

$$\delta_p = 1.76$$

ESERCIZIO 5

Il sodio è un alcalino e la sua configurazione fondamentale è $(1s)^2(2s)^2(2p)^6 3s$ con $Z=11$.

Il livello energetico sono dati da

$$E_{n,l} = -R(\infty) \frac{Z_{\text{eff}}^2}{(n - \delta_{n,l})^2}$$

da cui il livello fondamentale è dato da

$$E(3s) = \frac{-R(\infty) 1^2}{(3 - \delta_s)^2} = \frac{-R(\infty)}{(3 - 1.37)^2} = -91499 \text{ cm}^{-1}$$

Per vedere se la temperatura è sufficiente ad eccitare altre configurazioni oltre a quella fondamentale calcoliamo l'energia termica

$$E_{\text{th}} = k_B T = 69500 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \text{ cm}^{-1} = 208.5 \text{ cm}^{-1}$$

La differenza di energia tra il livello fondamentale e il primo livello eccitato $3p$ è data da

$$E(3p) = \frac{-R(\infty) 1^2}{(3 - \delta_p)^2} = -29493 \text{ cm}^{-1}$$

da cui

$$E(3p) - E(3s) = 16956 \text{ cm}^{-1}$$

Quindi solo il livello fondamentale è popolato. La radiazione elettromagnetica in uscita ha $\mathbf{k} \parallel \mathbf{B}$ ed è polarizzata circolarmente. Di conseguenza le regole di selezione che determinano quali transizioni possono avere in assorbimento sono

$$\Delta m_j = 0 \quad \Delta l = \pm 1 \quad \Delta j = 0, \pm 1 \quad \Delta m_l = \Delta m_j = \pm 1$$

Ne consegue che la radiazione in uscita può eccitare solo livelli con $\Delta l = +1$ cioè np . Vediamo che da un livello non eccitato l'atomo

$$E(3p) - E(3s) = 16956 \text{ cm}^{-1}$$

quindi la transizione $3s \rightarrow 3p$ è permessa

$$E(4p) = \frac{-R(\infty)1^2}{(4-\delta_p)^2} = 11182 \text{ cm}^{-1}$$

$$\rightarrow E(4p) - E(3s) = 30267 \text{ cm}^{-1}$$

quindi la transizione $3s \rightarrow 4p$ è troppo grande rispetto al range della radiazione

Per vedere tutte le linee in ammortamento valutarlo e siamo in Zeeman forte, Paschen-Back o quando

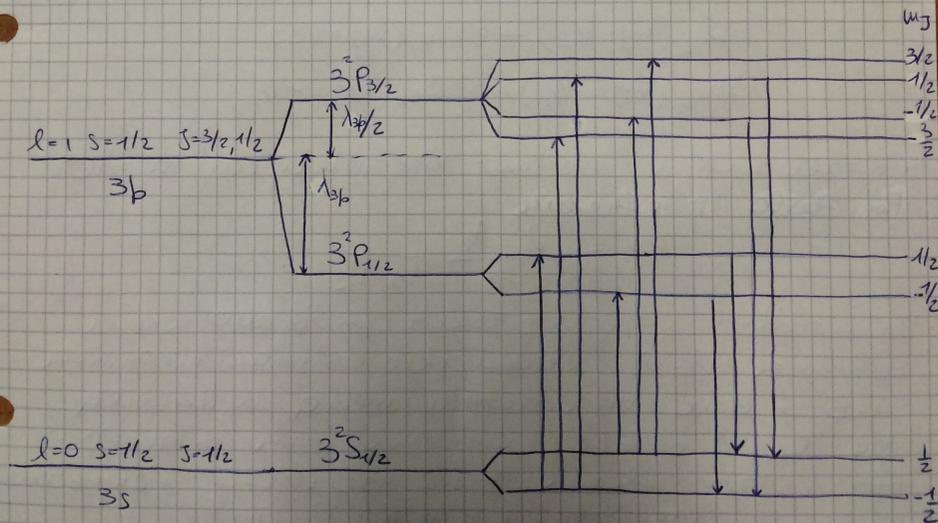
lo splitting del campo magnetico è di ordine μ_B :

$$\begin{aligned} \mu_B &= 4.66819 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1} \\ &= 0.2334 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

lo splitting dello spin orbita del livello $3p$ è

$$A_{SO}(3p) = 17 \text{ cm}^{-1}$$

Poiché $\Delta E_{SO} \gg \mu_B$ siamo in Zeeman quando i livelli sono i seguenti (non in scala !!)



dove lo splitting dello sp. orbitale è dato da

$$\Delta E_{so} = \frac{1}{2} \lambda_{\text{re}} [J(J+1) - l(l+1) - \frac{3}{4}]$$

e quello dato dal campo magnetico è

$$\Delta E^z = g \mu_B B M_J \quad \text{con } g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - l(l+1)}{2J(J+1)}$$

Le transizioni in assorbimento sono dunque quelle con $\Delta m_J = \pm 1$ e sono indicate in figura. Tutti i livelli del 3p sono occupati.

Per determinare le righe che si osservano in emissione in direzione $\perp B$ e con polarizzazione $\parallel B$ dobbiamo considerare le regole di selezione per $\perp B$ e $E \parallel B$ esse sono

$$\Delta m_J = 0 \quad \Delta m_J = \Delta m_L = 0$$

Quindi in emissione abbiamo le righe mostrate in figura. Le righe in totale sono 4 e sono date dalle transizioni

$$3p_{3/2} (m_J = 1/2) \rightarrow 3s_{1/2} (m_J = 1/2)$$

$$3p_{3/2} (m_J = -1/2) \rightarrow 3s_{1/2} (m_J = -1/2)$$

$$3p_{1/2} (m_J = 1/2) \rightarrow 3s_{1/2} (m_J = 1/2)$$

$$3p_{1/2} (m_J = -1/2) \rightarrow 3s_{1/2} (m_J = -1/2)$$

Controlliamo se esse sono tutte risolte con $P.R. = 10^6$

$$P.R. = \frac{V_1 + V_2}{2} \frac{1}{V_1 - V_2}$$

Per controllare se P.R. è sufficiente prendiamo come differenza $V_1 - V_2$ l'ordine della correzione magnetica $\mu_B B$ e come riga centrale media la differenza tra $E(3p)$ ed $E(3s)$. Ma non è certo di questo tipo di valori sufficienti. Poiché $\mu_B B = 0.23 \text{ cm}^{-1}$ e $\Delta E = 16956 \text{ cm}^{-1}$

$$\frac{\mu_B B}{\Delta E} = 1.1 \cdot 10^{-5} < \frac{1}{P.R.} = 10^{-6}$$

- 3) Atomi di K ($Z=19$, $[\text{Ne}]4s$) a temperatura ambiente sono colpiti da una radiazione e.m. con spettro di intensita' uniforme compreso fra $\nu_1=10^4 \text{ cm}^{-1}$ e $\nu_2=2 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$. Si chiede:
- Quante righe si osserveranno in assorbimento e a quale energia?
 - A assorbimento avvenuto, quante e quali righe si osserveranno in emissione se consideriamo solo le transizioni dirette allo stato fondamentale via dipolo elettrico?
 - Nelle stesse ipotesi, ma in presenza di un campo magnetico) $B=0.5 \text{ T}$, quali e quante righe si osserveranno se l'osservazione viene fatta tramite un filtro che lascia passare solo luce polarizzata lungo la direzione del campo B ? Quale sara' la loro separazione in energia?

Dati: $E_{\text{ion}}=35009,78 \text{ cm}^{-1}$; $R=109737 \text{ cm}^{-1}$; doppietto $4s \rightarrow 5p$: $\nu_3=24701,44 \text{ cm}^{-1}$, $\nu_4=24720,20 \text{ cm}^{-1}$. Si assuma il difetto quantico indipendente da n .

Cominciamo con il valutare le energie dei vari livelli prossimi al fondamentale prendendo l'energia dello ione K come zero delle energie. Il sistema e' idrogenoide, con $Z_e=1$ ($Z_e=Z-N+1$, dove N è il numero di elettroni rimasti nel caso ionico) e difetto quantico assunto indipendente da n . I livelli fra il $4s$ e il $5p$ (con differenza di energia dal fondamentale gia' maggiore dello spettro e.m. in considerazione) saranno il $4s$, $3d$, $4p$, $5s$, $4d$ e $5p$. Assorbimenti al $3d$, $5s$ e $4d$ e dallo stato fondamentale $4s$ sono pero' vietati dalla regola di selezione $\Delta L=\pm 1$, per cui ci interessa solo l'energia del $4p$.

b) A assorbimento avvenuto, quante e quali righe si osserveranno in emissione se consideriamo solo le transizioni dirette allo stato fondamentale via dipolo elettrico?

c) Nelle stesse ipotesi, ma in presenza di un campo magnetico $B=0.5$ T, quali e quante righe si osserveranno se l'osservazione viene fatta tramite un filtro che lascia passare solo luce polarizzata lungo la direzione del campo B? Quale sarà la loro separazione in energia?

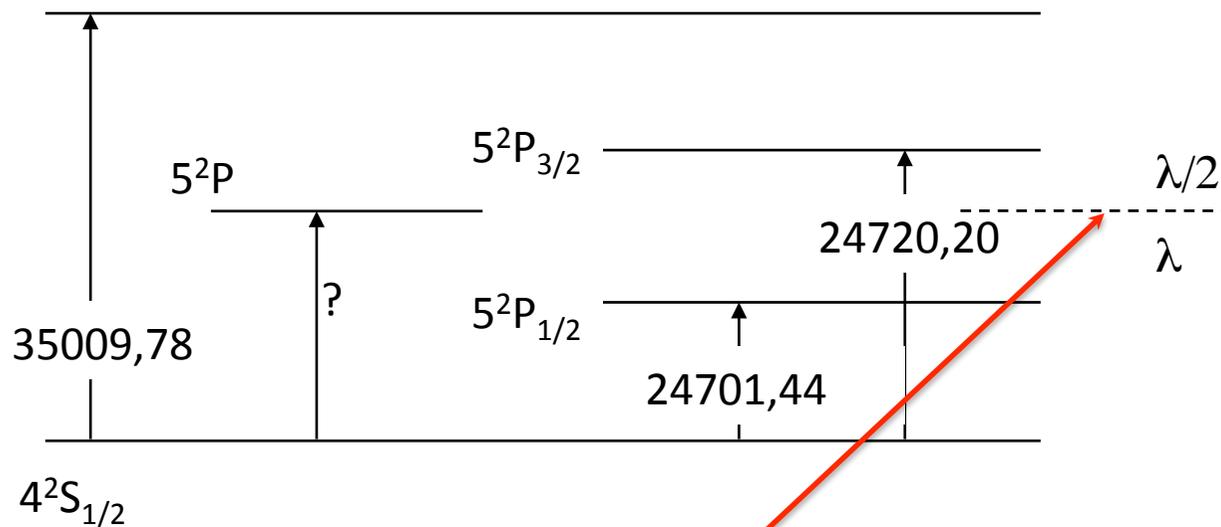
Dati: $E_{ion}=35009,78$ cm^{-1} ; $R(\infty)=109737$ cm^{-1} ; doppietto $4s \rightarrow 5p$: $\nu_3=24701,44$ cm^{-1} , $\nu_4=24720,20$ cm^{-1} . Si assuma il difetto quantico indipendente da n.

Cominciamo con il valutare le energie dei vari livelli prossimi al fondamentale prendendo l'energia dello ione K come zero delle energie.

Il sistema è idrogenoide, con $Z_e=1$ ($Z_e = Z-N+1$, dove N è il numero di elettroni rimasti nel caso ionico) e assumiamo che il difetto quantico sia indipendente da n .

I livelli fra il 4s e il 5p (con differenza di energia dal fondamentale già maggiore dello spettro *e.m.* in considerazione) saranno il 4s, 3d, 4p, 5s, 4d e 5p. Assorbimenti al 3d, 5s e 4d e dallo stato fondamentale 4s sono però vietati dalla regola di selezione $\Delta L = \pm 1$, per cui ci interessa solo l'energia del 4p.

Per determinare l'energia del $4p$ occorre conoscere il valore del suo difetto quantico che potremo ricavare dai dati dell'energia del $5p$. Questo ultimo e' a sua volta determinabile a partire dal valore della energia delle transizioni dallo stato $4s$ al $5p$ (doppietto determinato dalle sole correzioni SO , molto maggiori delle altre).



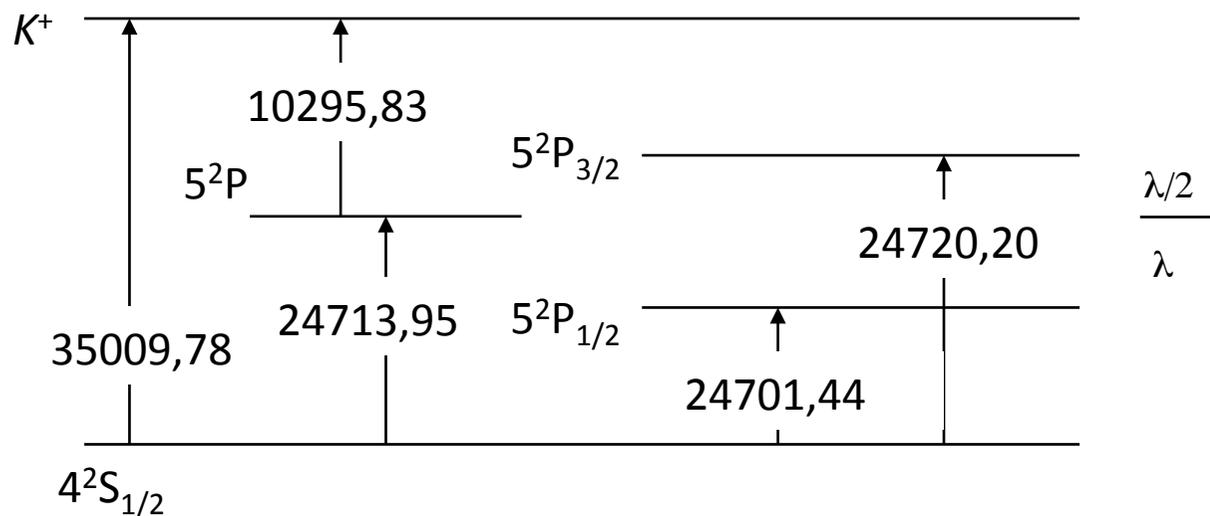
Ricordando che la correzione relativistica alla energia e' dovuta essenzialmente allo spin-orbita (Z grande)

$$\Delta E_{SO} = \frac{\lambda_{nl}}{2} \left[J(J+1) - L(L+1) - \frac{3}{4} \right] \quad \text{si ha}$$

$$24720,20 = E_{5^2P_{3/2}} - E_{4^2S_{1/2}} = E_{5^2P} + \frac{1}{2} \lambda_{nl} - E_{4^2S_{1/2}} ; \quad 24701,44 = E_{5^2P_{1/2}} - E_{4^2S_{1/2}} = E_{5^2P} - \lambda_{nl} - E_{4^2S_{1/2}}$$

Da cui

$$\lambda_{nl} = 12.507 \text{ cm}^{-1}; \quad E_{5^2P} - E_{4^2S_{1/2}} = 24713.95 \text{ cm}^{-1}$$



Ricordando poi che

$$E_{ion} = -E_{4s} = \frac{Z_e^2}{(4 - \mu_{4s})^2} R_K \Rightarrow \mu_s = 2.23$$

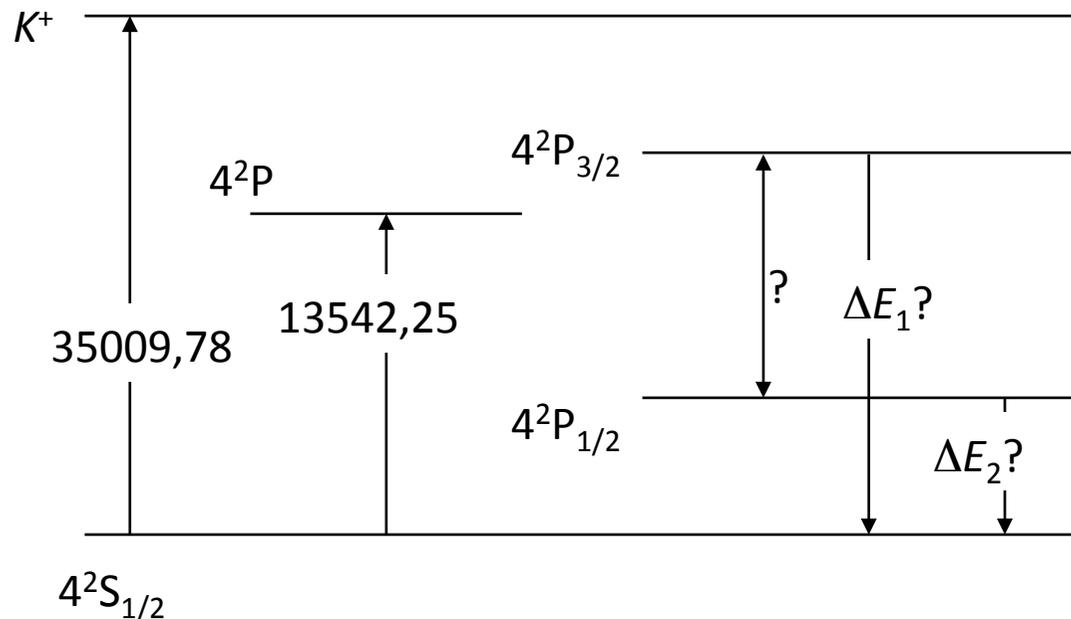
$$E_{5^2P} = -\frac{Z_e^2}{(5 - \mu_{5p})^2} R_K = E_{4^2S_{1/2}} + 24713,95 \text{ cm}^{-1} = (-35009,78 + 24713,95) \text{ cm}^{-1} = 10295,83 \text{ cm}^{-1}$$

$$\Rightarrow \mu_p = 1.74$$

Infine, avendo assunto che il difetto quantico e' è indipendente da n

$$E_{4^2S_{1/2}} - E_{4^2P} = -Z_e^2 R \left[\frac{1}{(4 - \mu_p)^2} - \frac{1}{(4 - \mu_s)^2} \right] = 13542,25 \text{ cm}^{-1}$$

In conclusione, la radiazione *e.m.* potrà permettere in assorbimento solo due transizioni allo stato 4^2P , essendo il 5^2P troppo alto in energia e la transizione allo stato 3^2D , forse a energia compresa nell'intervallo dato, vietata dalle regole di selezione.



In emissione avremo transizioni fra gli stessi stati coinvolti nei processi di assorbimento, piu' altre transizioni verso stati cui e' permesso transire a partire dallo stato eccitato raggiunto in assorbimento ma non a partire dallo stato fondamentale.

Nel nostro caso, in emissione avremo le due transizioni

$$4^2P_{3/2} \rightarrow 4^2S_{1/2}$$

$$4^2P_{1/2} \rightarrow 4^2S_{1/2}$$

osservate anche in assorbimento, e le tre transizioni a stati 3^2D raggiungibili dai 4^2P in emissione

$$4^2P_{3/2} \rightarrow 3^2D_{3/2}$$

$$4^2P_{3/2} \rightarrow 3^2D_{5/2}$$

$$4^2P_{1/2} \rightarrow 3^2D_{3/2}$$

ma non dal 4^2S .

Per stabilire se si e' in effetto Zeeman normale (alti campi) o anomalo (bassi campi) bastera' confrontare lo splitting SO con l'energia tipica della perturbazione dovuta al campo B

$$\Delta E = gM_J\mu_B B \approx \mu_B B =$$

$$0.467 \times 0.5 = 0.23 \text{ cm}^{-1} \ll \lambda(12,507 \text{ cm}^{-1}) \text{ o } \Delta_{s-o} = 18,76 \text{ cm}^{-1}$$

da cui risulta che ci si trova in effetto Zeeman anomalo (Δ_{SO} diminuisce con n).

Valutiamo ora i valori del fattore giromagnetico per i termini di nostro interesse.

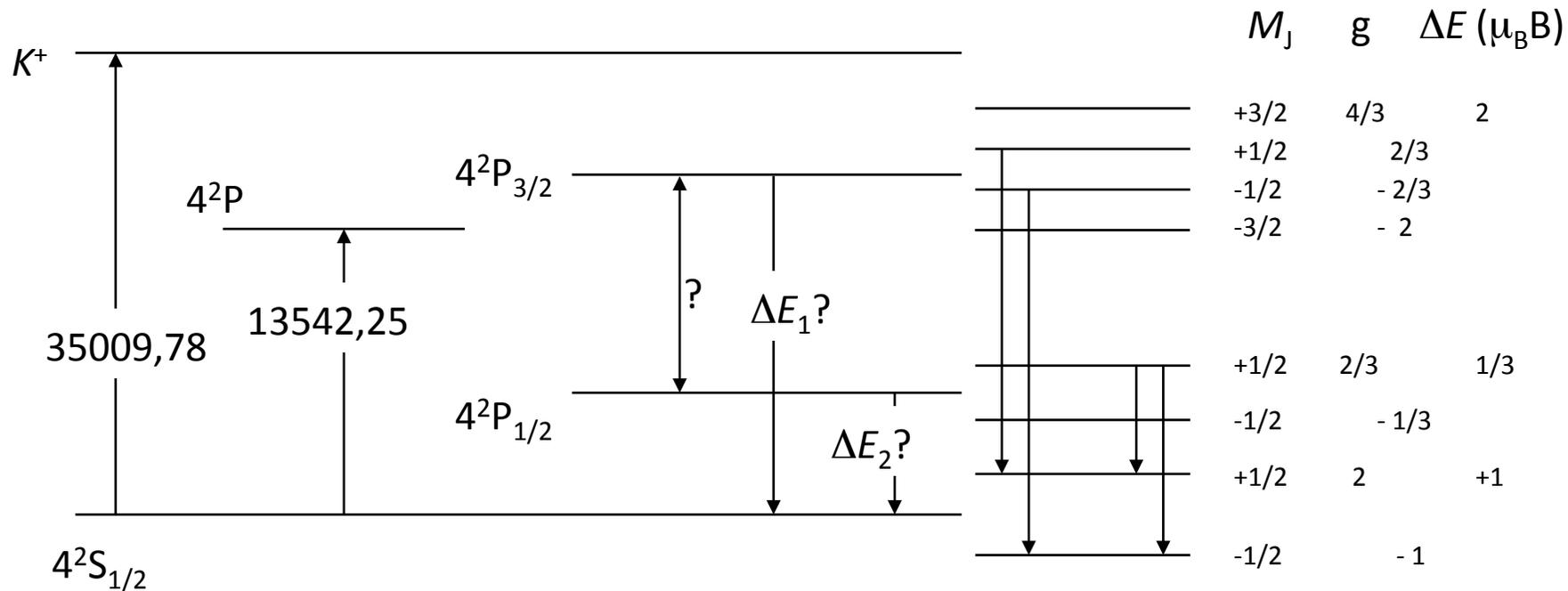
$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$$

$$g_{s_{1/2}} = 2$$

$$g_{p_{1/2}} = 2/3$$

$$g_{p_{3/2}} = 4/3$$

Se la polarizzazione $e' \parallel \mathbf{B} \rightarrow$ osservazione $\perp \mathbf{B} \rightarrow \Delta M_J = 0$



In emissione osservero' pertanto un primo doppietto a

$$E_1 = E_{4^2P_{3/2,1/2}} - E_{4^2S_{1/2,1/2}} + (2/3 - 1)\mu_B B = \Delta E_1 - 1/3\mu_B B$$

$$E_2 = E_{4^2P_{3/2,-1/2}} - E_{4^2S_{1/2,-1/2}} + (-2/3 + 1)\mu_B B = \Delta E_1 + 1/3\mu_B B$$

splitting $0,153 \text{ cm}^{-1}$

e un secondo doppietto a

$$E_3 = E_{4^2P_{1/2,1/2}} - E_{4^2S_{1/2,1/2}} + (1/3 - 1)\mu_B B = \Delta E_2 - 2/3\mu_B B$$

splitting 0,307 cm⁻¹

$$E_4 = E_{4^2P_{1/2,-1/2}} - E_{4^2S_{1/2,-1/2}} + (-1/3 + 1)\mu_B B = \Delta E_2 + 2/3\mu_B B$$

Poiche' la separazione $SO (= \Delta E_1 - \Delta E_2)$ cresce al diminuire di n , i due doppietti per $n=4$ saranno ben separati, essendolo gia' per il caso $n=5$, e pertanto siamo ancora in Zeeman anomalo.

Esercizio 5

Atomi di Li nello stato fondamentale sono investiti da radiazione em con energia compresa tra 0 e $20 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$. In assorbimento si osservano due righe $\nu_1 = 14903 \text{ cm}^{-1}$ e $\nu_2 = 14902.73 \text{ cm}^{-1}$.

- Si calcoli la costante spin-orbita dei livelli coinvolti nella transizione;
- Sapendo che il difetto quantico per gli stati s è $\delta_s = 0.41$, si calcoli quello degli stati p (si supponga che il difetto quantico sia indipendente da n);
- Si disegni lo schema dei livelli con $n=2$ nel caso in cui gli atomi di Li siano immersi in un campo magnetico omogeneo e costante $B = 50 \text{ kGauss}$;
- Supponendo tutti i livelli del punto c) popolati, quante righe si osserverebbero nel decadimento verso lo stato fondamentale utilizzando filtri che selezionano solo luce polarizzata parallelamente a B?
- Come cambierebbe lo schema dei livelli della domanda c) se invece di Li osservassimo Li^{++} ?

Esercizio 5

Lo schema degli stati a più alta energia (stati meno legati) del carbonio nella configurazione $(1s)^2(2s)^2(nl)(n'l')$ comprende due gruppi di livelli, uno con energie 78301 cm^{-1} , 78307 cm^{-1} , 78316 cm^{-1} e l'altro con energie 79311 cm^{-1} , 79319 cm^{-1} , 79323 cm^{-1} (l'energia dello stato fondamentale è stata posta uguale a zero). Il primo gruppo è un multipletto regolare mentre l'altro è invertito.

- Identificare i valori di L, S e J per questi livelli.
- Calcolare in cm^{-1} lo spettro di diseccitazione del livello con energia 79323 cm^{-1} .

Esercizio 8

Un campione di atomi di berillio è eccitato alla configurazione $2s3s$:

- quali righe del completo decadimento allo stato fondamentale sarebbero polarizzate parallelamente a z se osservate in presenza di un debole campo magnetico B_z ?
- conoscendo l'energia di prima ionizzazione E_{ion} oltre all'energia delle righe delle domande a) in funzione di B_z , come potrebbe essere calcolato l'integrale coulombiano della configurazione $2s3s$, supponendo che la costante spin-orbita dei livelli $2^3P_{2,1,0}$ sia A?
- supponendo che gli elementi di matrice associati alle transizioni osservate in a) non dipendano dai numeri quantici n, L, J, M_J si scriva, in prima approssimazione, il rapporto tra la riga più intensa e meno intensa dello spettro;
- sempre supponendo di conoscere la costante A e l'energia delle righe della domanda a) in funzione di B_z , si chiede di stabilire se, dal punto di vista del potere risolutivo, è più facile osservare, in assenza di campo magnetico, le

righe di tripletto - incluse le transizioni da eventuali stati metastabili - o quelle di singoletto.

Esercizio 6

Un fascio di atomi di He a temperatura ambiente viene eccitato localmente sino allo stato $(1s)(2p)$. Se il rapporto fra gli integrali Coulombiani J dei primi due stati eccitati e' pari a 1.1 (i.e. $J(1s)(2p) = 1.1J(1s)(2s)$) e quello fra gli integrali di scambio K e' 2 ($K(1s)(2s) = 2K(1s)(2p)$), calcolare le energie dei livelli $2s2p$. Calcolare poi le energie delle transizioni tra le configurazioni $(1s)(2p)$ e la configurazione $(1s)(2s)$. Quante di questi livelli verranno e effettivamente popolati in assorbimento (in approssimazione di dipolo e accoppiamento LS)? Come si diseccita il sistema? Dati: $K(1s)(2p)=1024 \text{ cm}^{-1}$; $J(1s)(2s)=75655 \text{ cm}^{-1}$ $R(\infty)=109.737 \text{ cm}^{-1}$