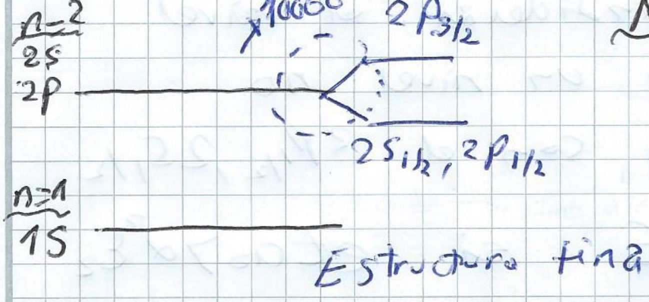
Aplicación de campo eléctrico al átomo

P9) Efecto Stark para el nivel

$2S_{1/2}$, $2P_{1/2}$



Notación: nl_j

n: nº cuántico principal

l: momento angular orbital (l=0, S; l=1, P; l=2, d)

j: momento angular total

$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$

El nivel $n=2$ tiene 8 estados considerando el spin del electrón.

Usando las correcciones relativistas de orden $\alpha^2 E_n$ (α = constante de estructura fina $\simeq 1/137$)

(H_{fs}: Hamiltoniano de estructura fina)

Se desdoblan los niveles en

degenerados $\begin{cases} 2S_{1/2} & (2 \text{ estados con } m_j = \pm 1/2) \\ 2P_{1/2} & (2 \text{ estados con } m_j = \pm 1/2) \end{cases}$

degenerados $\{ \; 2P_{3/2}$ (4 estados con $m_j = \pm 3/2, \pm 1/2$)

En nuestro caso:

Estados: $|2S_{1/2}\rangle \rightarrow |2\,0, 1/2, \pm 1/2\rangle$ (n l j m_j)

$2P_{1/2} \rightarrow |2\,1, 1/2, \pm 1/2\rangle$

El spin 1/2 del electrón es implícito

Son cuatro estados degenerados con energía

$\mathcal{E}_2^{fs}$ ← estructura fina , son los estados no perturbados.

Nota: Si el campo eléctrico es muy debil: $eEa_0 \ll \alpha^2 \mathcal{E}_2$

$\Rightarrow$ debemos considerar el nivel $2P_{3/2}$ como un nivel no degenerado con el $2P_{1/2}, 2S_{1/2}$

Por el problema 6 si $eEa_0 > \alpha^2 \mathcal{E}_2$

podríamos considerar el $n=2$ como degenerado (diferencias de energía muy chicas c/r a los corrimientos debido a la perturbación).

Perturbación $V = -eEz$ (Campo $\vec{E}$ en dirección z)

$$H = H_{fs} \underbrace{-eEz}_{V}$$

Queremos calcular las energías a orden 1 y los autoestados a orden cero.

Ambas salen de resolver:

$$V\,|\psi_i^{(0)}\rangle = \Delta_i^{(1)}\,|\psi_i^{(0)}\rangle$$

donde: $|\psi_i^{(0)}\rangle \hat{=} \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix}$

Debemos calcular ∇

Necesitaremos:

$$\langle n\ell' j' m' | -eEz | n\ell j m \rangle$$

para simplificar el cálculo usaremos Wigner-Eckart y paridad:

notemos que $\quad z = W_0^{(1)}$ Tensor esférico de rango 1, componente 0.

$$\langle n\ell' j' m' | W_0^{(1)} | n\ell j m \rangle = C^{jj'}_{\ell\ell', nn'} \underbrace{\langle j' m' | 1 j, 0 m \rangle}_{\text{Coef. de CG}}$$

Reglas de Selección:

- Paridad: z es operador impar
  $\Rightarrow$ conecta estados de paridad opuesta
  $\therefore$ Si $\ell = \ell' \Rightarrow$ el elemento de matriz se anula.

  Sólo conecta S con P.

- Wigner Eckart

El CG no se anula si $\left\{ \begin{array}{l} m' = m + 0 \Rightarrow m' = m \\ |j-1| \leq j' \leq j+1 \quad \text{OK, pues } j' = j = 1/2 \end{array} \right.$