

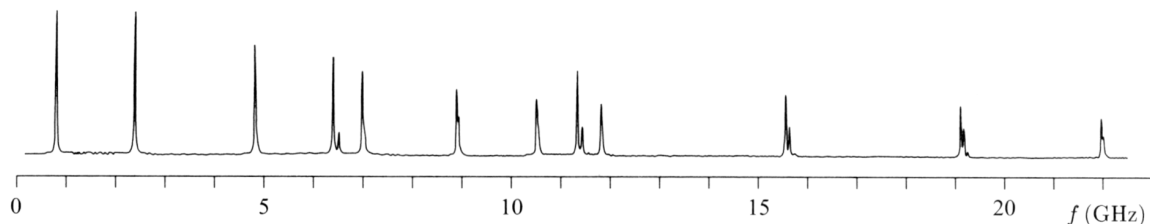
1. De electronconfiguratie van de grondtoestand van Hg ($Z = 80$) wordt gegeven door $\dots(5s)^2 (5p)^6 (5d)^{10} (6s)^2$. De eerste aangeslagen configuratie correspondeert met de $(6s)(6p)$ configuratie.
- Leid de mogelijke termen af die corresponderen met de eerste aangeslagen configuratie en geef aan welke conform het Pauli-principe zijn.
 - Welke fysische interactie is verantwoordelijk voor het energieverschil tussen de termen?
 - Geef de golffunctie corresponderende met de term van laagste spinmultipliciteit gevonden onder (a) en schrijf deze in de vorm van een (lineaire combinatie van) Slaterdeterminant(en).

De $(6s)(6p)$ configuratie geeft aanleiding tot vier niveaus bij energieën -46536 cm^{-1} , -44769 cm^{-1} , -40138 cm^{-1} en -30113 cm^{-1} (grondtoestand -84179 cm^{-1}).

- Ken deze niveaus toe.
- Geeft LS-koppeling een goede beschrijving voor de $(6s)(6p)$ configuratie van Hg? Licht uw antwoord kort toe.
- Welke elektrische dipoolovergangen zijn voor Hg waarneembaar tussen de niveaus van de $(6s)(6p)$ configuratie en de grondtoestand?

2. Hyperfijnstructuur in Europium

- Welke interactie veroorzaakt de zogenaamde hyperfijnopsplitsing van niveaus $^{2S+1}L_J$. Wat is (zijn) de goede quantumgetal(len)?
- Laat zien dat de Hamiltoniaan $\hat{H} = A \hat{\mathbf{I}} \cdot \hat{\mathbf{J}}$, die deze interactie beschrijft, aanleiding geeft tot een eenvoudige intervalregel voor de splitsing van de niveaus: $\Delta E_F - \Delta E_{F-1} = AF$.



In de bovenstaande figuur is de hyperfijnopsplitsing van de overgang tussen de $4f^7 6s^2 \text{ } ^8S_{7/2}$ en $4f^7 6s6d \text{ } ^8D_{11/2}$ niveaus van het Europium atoom ($Z = 63$) te zien. De pieken liggen achtereenvolgens bij 0.77, 2.35, 4.86, 6.42, 7.06, 8.94, 10.51, 11.37, 11.76, 15.61, 19.14 en 21.96 GHz.

- De hyperfijnopsplitsing van het $4f^7 6s6d \text{ } ^8D_{11/2}$ niveau is bijna twee ordes van grootte groter dan de opsplitsing van het $4f^7 6s^2 \text{ } ^8S_{7/2}$ niveau (die zichtbaar is in de structuur van sommige lijnen). Verklaar waarom dit het geval is.

- d) De lijnen in dit spectrum voldoen niet aan een eenvoudige intervalregel. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het spectrum gemeten is aan een mengsel van twee isotopen van Europium, te weten: ^{151}Eu en ^{153}Eu . Noem een effect dat er voor zorgt dat dezelfde overgangen van verschillende isotopen van een atoom niet samenvallen en licht het kort toe.
- e) Laat zien dat het bovenstaande spectrum bestaat uit twee (niet samenvallende) reeksen hyperfijnovergangen in de twee isotopen van Europium die (ieder voor zich) aan de onder b) gegeven intervalregel voldoen. Bepaal de grootte en het teken van $A(4f^7 6s6d \ ^8D_{11/2})$ en de waarde van \mathbf{I} voor de beide isotopen.

Hint: De vorm van de lijnen (die veroorzaakt wordt door de opsplitsing van het $4f^7 6s^2 \ ^8S_{7/2}$ niveau) geeft een aanwijzing welke lijnen bij elkaar horen.

3. Teneinde neutrale atomen af te remmen en te vangen in een val maakt men gebruik van lasers en een inhomogeen magneetveld.
- a) Beschrijf kort het afremmen van atomen in een bundel. Geef daarbij duidelijk de onderliggende fysische principes weer.
- b) Beschrijf kort het vangen van de atomen in een val in een ééndimensionale configuratie gebruik makend van een $J=0 \rightarrow J=1$ overgang. Geef daarbij duidelijk de onderliggende fysische principes weer.
4. De moleculen H_2 en HCl .
- a) Geef de electronische golffunctie (baan en spin) voor de grondtoestand van H_2 in de LCAO-MO benadering. Licht de gebruikte functies/symbolen kort toe.
- b) Bereken de verwachtingswaarde van de electronische Hamiltonoperator in de toestand beschreven onder (a) in termen van één-electronenergieën, "Coulomb"- en/of "Exchange"-integralen.

In de harmonische-oscillator en starre-rotator benaderingen wordt het rotatie-vibratiespectrum voor een twee-atomig molecuul beschreven door

$$\hbar\omega = \hbar\omega_{\text{vibr}} \pm (l+1)\hbar^2 / \mu R_e^2$$

- c) Geef de expliciete uitdrukking voor de Hamiltonoperator voor de kernbeweging ($H_k = T_A + E_{\text{tot}}$, waarin E_{tot} de totale potentiaal representeert waarin de kernen zich bewegen) in de harmonische benadering?
- d) Wat wordt verstaan onder de starre-rotator benadering?
- e) Schets het rotatie-vibratiespectrum van H_2 en HCl .