

# FÍSICA MODERNA I

1 de Noviembre del 2011.

## Guía N°8: Átomos hidrogenoides. Spin electrónico. Efecto Zeeman

### Problema 1:

Calcule los siguiente conmutadores:  $[X, P]$ ,  $[X, P^2]$ ,  $[X, P^n]$ ,  $[L_i, P^2]$ ,  $[L_i, R^2]$ .

### Problema 2:

Calcule la frecuencia de Larmor y los valores posibles de la energía magnética para un electrón en un estado  $n = 2$  de un átomo de hidrógeno, en un campo magnético externo de intensidad  $B = 1$  T.

### Problema 3:

Las líneas  $\alpha$  de Paschen en el espectro del hidrógeno son debidas a transiciones  $n = 4 \rightarrow n = 3$ . Grafique y calcule el desdoblamiento por efecto Zeeman normal de los niveles de energía  $4p$  y  $3d$  del átomo de hidrógeno en un campo magnético externo de 2 T. Identifique las transiciones  $4p \rightarrow 3d$  permitidas y determine el corrimiento en las longitudes de onda de las líneas  $\alpha$  de Paschen.

### Problema 4:

En un experimento de Stern–Gerlach un haz de hidrógeno surge de un horno a una temperatura de 500 K y atraviesa una región de 0,5 m de largo en la que hay presente un gradiente de campo magnético de magnitud  $20 \text{ Tm}^{-1}$  y dirección perpendicular a la del haz. Calcular la separación entre los haces deflectados cuando emergen del campo magnético.

Por qué es válido suponer que los átomos de hidrógeno están en el estado fundamental?

### Problema 5:

Un experimento de resonancia magnética es realizado usando un conjunto de átomos de hidrógeno en su estado fundamental. Un campo  $B_0$  constante desdobra los niveles de energía magnética de los átomos y un campo  $B_\omega$  oscilante es sintonizado a la frecuencia correspondiente a la transición entre estos niveles. Calcule el valor de la frecuencia de resonancia para un campo  $B_0 = 2000$  G.

### Problema 6:

Considere los siguientes estados del átomo de hidrógeno correspondientes a  $l = 2$  y cuyos números cuánticos correspondientes a  $L_z$  y  $S_z$  están dados por  $m_l = 2, m_s = -1/2$  y  $m_l = 1, m_s = 1/2$ . Cuáles son los valores posibles para el número cuántico  $j$  para los estados con  $m_j = 3/2$ ?

### Problema 7:

El nivel  $n = 3$  de los átomos con un electrón comprende los estados  $3s_{1/2}$ ,  $3p_{1/2}$ ,  $3p_{3/2}$ ,  $3d_{3/2}$  y  $3d_{5/2}$ . Si se ignora la interacción spin–órbita estos estados están degenerados. Calcular el desdoblamiento debido a la interacción spin–órbita de los niveles  $3p$  y  $3d$  para el átomo de hidrógeno.

**Problema 8:**

El nivel  $3d$  de un átomo con un electrón comprende 10 estados (niveles) cuyas energías son iguales, si la interacción spin-órbita es ignorada y en ausencia de campos magnéticos externos. Suponga ahora la presencia de un campo externo  $B$  y considere los casos en que dicho campo:

- a) es mucho mayor que el campo magnético interno responsable de la interacción spin-órbita;
- b) es mas débil que dicho campo.

En ambos casos:

- i- Determine el corrimiento de energía de los subestados magnéticos correspondientes al nivel  $3d$
- ii- Trace un diagrama de **niveles** de energía indicando los números cuánticos correspondientes a dichos subestados y las magnitudes de los desdoblamientos.
- iii- Obtenga todas las **transiciones** posibles según las reglas de selección.
- iv- Se consigue remover completamente la degeneración en alguno de los casos?