

# ESPECTROSCOPIA ATÓMICA Y MOLECULAR DEL MEDIO INTERESTELAR

## Práctica 4 – 21/10/14 (Presentación: 04/11/14)

### Espectros moleculares rotacionales

1. Dibuje a escala los primeros cinco niveles de energía rotacionales que corresponden a los dos niveles vibracionales inferiores de las moléculas de CO y HCl.

**Nota:** Las constantes  $\hbar\omega_0$  y B se encuentran en la siguiente tabla.

Molécula	$\hbar\omega_0$ (eV)	B ( $\text{cm}^{-1}$ )
CO	0.268	1.931
HCl	0.369	10.59

2. (a) Teniendo en cuenta el ejercicio 1), compare la energía de los distintos niveles de energía rotacionales de ambas moléculas con la energía cinética media de una molécula de hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) a las temperaturas cinéticas  $T_c = 10, 100$  y  $1000$  K. Idem con los niveles de energía vibracionales.  
(b) Si las colisiones con la molécula de hidrógeno fuesen el mecanismo dominante de excitación, ¿esperaría encontrar una transición en  $v = 0, J = 4 \rightarrow 3$  en un medio con  $T_c = 10$  K? Idem para  $v = 1, J = 1 \rightarrow 0$  y  $T_c = 1000$  K. Justifique su respuesta.
3. Encuentre el valor de la temperatura de excitación de una transición molecular dada, en los casos extremos en que los niveles de energía involucrados en la misma son:
  - (a) sólo radiativamente poblados.
  - (b) sólo colisionalmente poblados.

Para simplificar el tratamiento suponga que se verifica la condición  $h\nu/kT_{ex} \ll 1$  ( $h$  y  $k$  son las constantes de Planck y de Boltzman, respectivamente);  $\nu$  es la frecuencia de la transición en  $\text{seg}^{-1}$ ; y  $T_{ex}$  es la temperatura de excitación de la transición). Adopte también que  $h\nu/k \ll T_c$  y  $h\nu/k \ll T_R$ , donde  $T_c$  y  $T_R$  son las temperaturas cinéticas y de radiación, respectivamente.

4. Suponiendo  $T_c = 10$  K,  $T_R = 2.7$  K y usando los resultados del ejercicio 3), grafique la densidad crítica para colisiones contra el coeficiente de emisión espontánea para las transiciones moleculares que figuran en la siguiente tabla. Se dan también la frecuencia de la transición, el coeficiente de emisión espontánea y la sección eficaz de colisión.

Molécula	$\nu$ (GHz)	$A_{si}$ (seg <sup>-1</sup> )	$\sigma_{geom}$ (cm <sup>2</sup> )
<sup>12</sup> CO	115.385	$7.5 \times 10^{-8}$	$3.6 \times 10^{-15}$
NH <sub>3</sub>	23.715	$1.7 \times 10^{-7}$	$2.8 \times 10^{-15}$
CS	49.020	$1.8 \times 10^{-6}$	$4.3 \times 10^{-15}$
HCN	88.757	$2.5 \times 10^{-5}$	$5.8 \times 10^{-15}$

Molécula	transición		
	$J$		
<sup>12</sup> CO	1-0	3-2	5-4
NH <sub>3</sub>	1-0	2-1	
CS	2-1	7-6	
HCO+	4-3		

5. Dadas las transiciones rotacionales moleculares listadas en la Tabla 2, indicar con cuál o cuales de los siguientes radiotelescopios pueden ser observadas:

- The Atacama Pathfinder Experiment (APEX)
- IRAM (telescopio de 30 m)
- Very Large Array (VLA)
- James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)
- IAR