

Programa para la asignatura

*Radioastronomía: Espectroscopía atómica y molecular del medio interestelar*

Curso optativo de grado de la Facultad de Cs. Astronómicas y Geofísicas, de la Universidad Nacional de La Plata.

**1.- Generalidades.** Líneas espectrales en el rango de radio: Generalidades. Calibración de observaciones en la banda centimétrica. Línea de  $\lambda \sim 21$ -cm del hidrógeno neutro. Mecanismos de emisión. Coeficientes de Einstein: Absorción y emisión. Procesos colisionales y radiativos. Termalización. Temperatura de spin. Ecuación de transporte. Solución para diversos casos. Profundidad óptica y densidad de columna. Perfiles de absorción y emisión de hidrógeno neutro en  $\lambda \sim 21$ -cm. Modos de observación: Potencia Total, Conmutación en frecuencia, y conmutación contra carga. Calibración. Línea de base: su importancia. Presentación de los datos observacionales: perfiles y mapas de hidrógeno neutro. Interpretación. Parámetros derivables de las observaciones. Fases del medio interestelar: principales características físicas.

**2.- Estructura en espiral de la Vía Láctea.** La estructura de la Vía Láctea derivada de las observaciones espectrales de hidrógeno neutro. Relevamientos en la línea de 21-cm. Determinación del campo de velocidades y de la estructura en espiral de la Galaxia. Distancias cinemáticas: limitaciones y ambigüedades. Determinación de las constantes  $R_o$  y  $\Theta_o$ . Las constantes A y B de Oort y su relación con el campo local de velocidades. Influencia del campo de velocidades en el perfil de HI. Desviaciones de la simetría circular y movimientos no circulares. Distribución global del HI en la galaxia. Comparación de la distribución de HI con otros trazadores galácticos.

**3.- Perturbaciones en la distribución del gas atómico interestelar.** Distorsiones del HI en la parte externa de la Galaxia: "warping" y "flaring". Nubes de alta velocidad. Perturbaciones debidas a fenómenos energéticos localizados: regiones HII, explosiones de SN, burbujas interestelares. Otros fenómenos a escala galáctica detectables en la línea del HI: cáscaras, supercáscaras, gusanos y chimeneas. Observaciones e interpretación. Comparación con predicciones teóricas. Fenómenos del centro galáctico visibles en la línea de 21-cm. El medio interestelar local.

**4.-Líneas moleculares en radio.** Generalidades sobre transiciones vibracionales y rotacionales. Coeficientes de absorción y emisión. Ecuación de transporte. Líneas moleculares: mecanismos de excitación colisional y/o radiativa. Temperatura de excitación de una transición y su relación con el mecanismo de excitación. Parámetros derivados de las observaciones. Abundancias moleculares: determinación y limitaciones. Aplicación a las líneas del CO, H<sub>2</sub>CO, y NH<sub>3</sub>. Isótopos e isómeros en el medio interestelar. Estructura galáctica derivada de líneas moleculares.

**5.- Campo Magnético Interestelar.** Generalidades sobre el efecto Zeeman en la banda de radio. Necesidades instrumentales para su detección. Determinación observacional del campo magnético mediante el efecto Zeeman: Líneas de HI, OH, de recombinación en radio. Otras líneas moleculares.

**6.- Regiones de Fotodisociación (PDR).** Definición. Procesos físicos y químicos: Penetración de la radiación ultravioleta y química de las zonas de fotodisociación. Procesos de calentamiento y enfriamiento. Modelos de PDR: modelos estacionarios y no estacionarios. Observaciones de PDR: Condiciones físicas y transiciones moleculares en la interfaz. Correlaciones. PDR en distintos campos radiativos: regiones de fotodisociación por rayos X (XPDR). El medio interestelar global en galaxias.

**7.- Introducción a la química del medio interestelar.** Esquemas elementales de la química del medio interestelar: *a)* reacciones ion-molécula; *b)* reacciones en la superficie de los granos de polvo; *c)* reacciones inducidas por ondas de choque; *d)* reacciones en el medio circumestelar.

**8.- Máseres interestelares.** Introducción. Teoría básica. Máseres saturados y no saturados. Efectos sobre la geometría de la fuente y los anchos de las líneas espectrales. Polarización. Mecanismos de bombeo. Máseres estelares: OH y SiO. Máseres interestelares: H<sub>2</sub>O y OH. Máseres extragalácticos. Uso de los máseres para la determinación de distancias.

**9.- Líneas de recombinación en radio (LRR).** Teoría elemental de las formación de LRR. Apartamientos de equilibrio termodinámico local (ETL). Ensanchamiento por turbulencia y presión. Regiones HII: Parámetros físicos derivados de las observaciones. LRR de elementos pesados. La Vía Láctea vista en LRR. Componente difusa del gas ionizado. Nociones sobre

evolución química de la galaxia. Gradientes de abundancia. Efecto maser en RRL.

**10.- Hidrógeno neutro en sistemas extragalácticos.** Introducción. Información suministrada por la línea del HI en 21-cm. Distribución del HI en galaxias: morfología, dimensiones, distribuciones peculiares. Campo de velocidades. Curvas de rotación. Relación del contenido de HI con propiedades globales de las galaxias. El ancho del perfil de HI como indicador de distancia: relación de Tully-Fischer. Efectos del medio ambiente: efectos de marea. Estudios cosmológicos: corrimientos al rojo, HI en galaxias activas, HI en cuasares.

**Carácter de la materia:** Optativa, Cuatrimestral, Segundo Semestre.

**Carga Horaria semanal:** Dos (2) clases teóricas, cada una de 2.5 horas reloj.

**Duración de la cursada:** Alrededor de 16 semanas.

**Trabajos Prácticos:** Once (11).

**Bibliografía principal**

- *Radioastronomy*, Kraus, J.D., McGraw Hill, 1982
- *Galactic and Extragalactic Radioastronomy*, Verschuur G.L. & Kellermann K.L., Springer-Verlag, Second Edition.
- *An Introduction to Radio Astronomy*, Burke F.B & Graham-Smith F., Cambridge University Press, 1997.
- *The Fourier Transform and Its Applications*, Bracewell R., McGraw-Hill, Second Edition, 1978.
- *Tools of Radio Astronomy*, Rohlfs K & Wilson T.L. Astronomy and Astrophysics Library, 1997.
- *Methods of Experimental Physics, Vol. 12, Part B: Radio Telescopes*. Academic Press, 1976.
- *Methods of Experimental Physics, Vol. 12, Part C: Astrophysics, Radio Observations*. Academic Press, 1976.
- *Physical Processes in the Interstellar Medium*, L. Spitzer Jr., Wiley-Interscience ( 1978).
- *Astrophysics of Gaseous nebulae and Active Galactic Nuclei*, Osterbrock D.E., University Science Books (1989).
- *Spectroscopy of Astrophysical Plasmas*, Dalgarno A. & Layzer D., Cambridge University Press (1987).
- *Dense Photodissociation Regions (PDRs)*, Hollenbach D.J. & Thielens A.G.G.M., Annual Review of Astronomy and Astrophysics, vol. 35,p. 179 ( 1997).
- *Physical Processes of Astronomical Masers*, Elitzur M., Rev. Mod. Phys., Vol. 54, p. 1225, 1982.