



## **Programa de la materia<sup>(\*)</sup>: TÉCNICAS OBSERVACIONALES RADIOASTRONÓMICAS**

### **1) RADIÓMETROS**

Elementos Principales. Clases generales de reflectores principales. Su relación con la longitud de onda de observación. Antenas reflectoras: Montura y óptica. Parámetros importantes: Eficiencia de apertura y sus componentes principales. Precisión en el apuntamiento. Polarización: Haz primario y lóbulos de error. La antena como filtro de frecuencias especiales.

### **2) ELEMENTOS DE POLARIMETRÍA**

Introducción. Parámetros de Stokes: Definición y significado físico. Sus valores para distintos tipos de polarización. Modos ortogonales y birrefringencia. La esfera de Poincaré: Interpretación. Mediciones de los parámetros de Stokes. Observación de continuo en la banda de radio. Velocidad de scan y efectos a considerar. Calibración.

### **3) RECEPTORES ESPECTRALES**

Generalidades. Esquema de un diagrama en bloque para un receptor de líneas espectrales. Requerimientos instrumentales para la observación de líneas espectrales. Anchos e intensidades de las líneas espectrales. Sistemas de referencia de velocidades. Observaciones de potencia total. Conmutación de haz. Fases de un ciclo de observación. El uso de sistemas de conmutación en frecuencia en radioespectroscopía: Conmutación con banda lateral simple y doble. Relación S/N alcanzable en cada caso.

### **4) OBSERVACIONES ESPECTROSCÓPICAS**

Consideraciones Técnicas Generales. Correcciones a realizar en tiempo real: Refracción atmosférica, Correcciones de apuntamiento y de foco. Efecto sobre la relación S/N. Observaciones de líneas espectrales en fuentes puntuales y extendidas. Máxima resolución en frecuencia alcanzable para una fuente extendida. Oscilador local (OL): Propiedades. Velocidad de actualización del OL: Su importancia. Estabilidad de un receptor. Diagrama de antena y efecto de radiación parásita ("stray radiation"). Corrección de los efectos de radiación parásita.

### **5) ESPECTROSCOPIA EN RADIO CON DISCO SIMPLE**

Observación de la línea espectral HI en  $\lambda \sim 21\text{cm}$  y de líneas de recombinación. Esquema de observación y reducción de una observación espectroscópica obtenida con disco simple. Calibración de la escala de intensidades en  $\lambda \sim 21\text{cm}$  y en otras líneas centimétricas. Técnica de observación "on-the-fly": Concepto, aplicación y ventajas. Líneas moleculares y su calibración: El *chopper-wheel method* y sus modificaciones.

### **6) ANALIZADORES ESPECTRALES**

Diagrama en bloque de un analizador espectral multicanal. Esquemas de conmutación y línea de base. Resolución en frecuencia. Limitaciones. Aliamiento en frecuencia: efecto sobre la resolución espectral y la relación S/N. Ajuste de una línea de base. Consideraciones acerca de la relación S/N. Uso de técnicas digitales para analizar una señal: autocorreladores. Teoría elemental de un autocorrelador. Función de autocorrelación (FAC) y espectro de potencia (EP). Diagrama en bloque. Resolución en frecuencia. Correladores de 1 y 3 bits: Efecto sobre la relación S/N. Corrección de van Vleck. Espectro de potencia. Calibración del espectro de potencia. Errores en la FAC y su manifestación en el EP. Técnicas de filtrado en el dominio temporal y su efecto en el dominio de las frecuen-



cias. Analizadores espectrales acusto-ópticos. Teoría elemental. Poder resolvente.

### **7) INTERFEROMETRÍA**

Introducción histórica: motivaciones para su desarrollo y evolución. Definiciones y conceptos básicos. Función de visibilidad. Dependencia de la función de visibilidad de la estructura de la fuente. Principios básicos de interferencia. Principales clases de interferómetros: aditivo, de conmutación de fase y de correlación. Rotación de la Tierra y síntesis de apertura. Sus ventajas. Interferómetros unidimensionales y bidimensionales.

### **8) INTERFERÓMETRO SIMPLE DE DOS ANTENAS**

Esquema básico. Respuesta de un interferómetro: diagrama polar, franjas (*fringes*) de interferencia, retraso geométrico, centro de fase. Función de visibilidad. Efectos del ancho de banda en un interferómetro: "*bandwidth pattern*" y "*fringe washing function*". Compensación de retrasos geométricos y conversión de frecuencias. Función de visibilidad modificada. Rotación de las franjas de interferencia y correladores complejos: "*fringe stopping*". Sistemas de coordenadas para la observación: plano  $u.v.w$  y elipse de muestreo. Relaciones geométricas. Campo de visión de un interferómetro.

### **9) FORMACIÓN DE IMÁGENES INTERFEROMÉTRICAS**

La transformada de Fourier de la función de Coherencia Espacial: directa y FFT. Función de visibilidad observada: muestreo espacial y esquema de pesos. Haz sintetizado. Funciones de peso en el plano  $u.v$ : efecto sobre el haz sintetizado. Interpolación de la función de visibilidad en el plano ( $u.v$ ). Aliasing. Efectos adicionales sobre la imagen interferométrica: Ancho de banda y promedio temporal de la función de visibilidad. Tópicos adicionales: traslación, rotación y estiramiento de una imagen radioastronómica. Líneas de base no coplanares: planteo del problema.

### **10) ELEMENTOS DE CALIBRACIÓN**

Consideraciones básicas. El formalismo de la calibración. Métodos de calibración: directo, mediante radio fuentes, autocalibración. Correcciones iniciales: apuntamiento de antena y ganancia de la misma, calibración del retraso y de la línea de base. Correcciones adicionales en tiempo real: sistemas de control automático, longitud eléctrica del camino, cambios rápidos en el apuntamiento. Tropósfera e Ionósfera: cambios en el camino recorrido por la señal y atenuación de la misma. Calibración de la banda de paso: Observación en el continuo. Edición de las observaciones. Verificaciones adicionales: Consistencia de *scans* y métodos de visualización. Efectos de "*shadowing*". Calibración final: uso de radio fuentes. Calibración por línea de base ("*baseline-based*") y antena ("*antenna-based*"). Calibración astrométrica. Verificación de la calibración: "*closure errors*", estabilidad de amplitud y fase. Tablas de ganancia: significado y uso.

### **11) TÓPICOS ESPECIALES**

Elementos de la técnica de *mosaico*. Aplicación. Aspectos particulares de la interferometría en la banda milimétrica del espectro. Introducción a la interferometría de Línea de Base muy Larga (VLBI). Introducción al VLBI espacial.

### **12) ANÁLISIS DE IMÁGENES INTERFEROMÉTRICAS**

Introducción al uso del paquete *Astronomical Imaging Processing System* (AIPS). Instrumental radioastronómico: presente y futuro.



**BIBLIOGRAFÍA:**

- *Radioastronomy*, Kraus, J.D., McGraw Hill, 1982
- *Radiotelescopes*. Högbom J.A. & Christiansen W.N., Cambridge University Press, 1985
- *An Introduction to Radio Astronomy*. Burke F.B. & Graham-Smith F., Cambridge University Press, 1997
- *The Fast Fourier Transform*, Oran Brighman E., Prentice-Hall, Inc., 1974
- *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
- *Synthesis Imaging in Radio Astronomy II*, ASP Conference Series, Vol. 180, 1999
- *Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy*. Thompson A.R., Moran J.M., & Swenson G.W., Wiley-Interscience Publication, 1986
- *Publicaciones técnicas internas de diversos radio observatorios*. Copia suministrada por la cátedra cuando sea necesario.

(\*): El presente archivo es transcripción del programa vigente que obra en el Departamento de Alumnos de nuestra Facultad. Bajo ningún concepto este escrito puede ser utilizado como programa oficial.