



Materia electiva: *Astronomía Básica y Ciencia Espacial*.

Prof.: Daniel José Mendicini (CEV-CODE-LIADA).

Facultad de Ingeniería Química.

Universidad Nacional del Litoral.

Santa Fe, Argentina.



## **Clase nro. 6: Introducción a la Radioastronomía.**

### **Definición:**

La Radioastronomía es una disciplina científica que se ocupa del estudio de los objetos astronómicos por medio de la detección de las ondas de radio provenientes del universo. Las ondas de radio son un tipo de radiación electromagnética con longitudes de onda en el espectro electromagnético mayores a la luz infrarroja. La longitud de las ondas de radio varía desde 1 mm hasta 10000 km, esto es, pueden ser tan pequeñas como un grano de arroz o alcanzar tamaños mayores al radio de la Tierra. Aunque invisibles para el ojo humano (el ojo humano percibe longitudes de onda entre 380 nm a 750 nm), vivimos inmersos en un mundo de ondas de radio; los sistemas de comunicación modernos tales como la comunicación fija y móvil (celulares), radiodifusión, radar y otros sistemas de navegación, satélites de telecomunicaciones, entre otras, utilizan ondas de radio.

El estudio del universo en radio ha dado lugar al descubrimiento de nuevos objetos y procesos físicos. El descubrimiento de la radiación no térmica y sincrotrón se basa en las observaciones en radio de la Nebulosa del Cangrejo y fuentes extragalácticas. Los cuásares y púlsares fueron descubiertos mediante observaciones en radio; este tipo de objetos emiten esencialmente en longitudes muy largas y a muy altas energías; no son visibles en el rango óptico. Sólo se los pudo estudiar en radio hasta que se tuvo la capacidad tecnológica para salir al espacio y detectarlos en rayos X y posteriormente en rayos gamma. Otra notable contribución de la Radioastronomía ha sido la posibilidad de determinar la estructura espiral de la Vía Láctea mediante mapeos de la distribución de hidrógeno neutro.

La radioastronomía, pues, ha contribuido fuertemente al conocimiento actual que se tiene del universo; en el futuro cercano, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas de observación, se espera revele aspectos relacionados con la formación del universo y ponga a prueba teorías fundamentales de la física, tales como la Relatividad General

### **Historia:**

Desde finales del siglo XIX, luego de que Heinrich Hertz generara por primera vez en forma artificial ondas de radio en su laboratorio de la Universidad de Karlsruhe, distintos científicos se embarcaron en la tarea de tratar de detectar ondas de radio provenientes del

espacio. Recién a comienzos de la década de 1930, Karl Jansky descubrió la primera fuente radioastronómica. El descubrimiento fue totalmente casual. Jansky, trabajando como ingeniero para los laboratorios Bell de telefonía, se encontraba investigando la estática que interfería con comunicaciones transatlánticas. La fuente de la interferencia era de naturaleza desconocida. La señal tenía un pico cada 23 horas 56 minutos, exactamente, la longitud de un día sidéreo; éste es el tiempo que le lleva a los objetos astronómicos “fijos” en pasar por el mismo punto de la bóveda celeste. Comparando sus observaciones con mapas astronómicos ópticos, Jansky llegó a la conclusión que la radiación tenía su máximo cuando la antena apuntaba a la región más densa de la Vía Láctea en la constelación de Sagitario. Dicha región del cielo se encuentra en el centro de la Vía Láctea, donde hay numerosas radio fuentes, incluyendo Sagitario A, la región compacta entorno al agujero negro supermasivo, Sagitario A\*.

Este descubrimiento no fue considerado importante para los laboratorios Bell, y Jansky fue designado a otro proyecto. El trabajo de Jansky, sin embargo, sirvió de inspiración para el ingeniero y radioaficionado Grote Reber quien, años más tarde (1940), construyó en su casa la primera antena dedicada a fines astronómicos con un reflector parabólico, introduciendo así el diseño que adoptarían en lo sucesivo, básicamente, todos los radioobservatorios. Con dicha antena parabólica de 9.6 metros de diámetro y un receptor para 160 MHz (longitud de onda de 1.87 metros) pudo trazar el primer mapa radioeléctrico del cielo.

Posteriormente, con el progresivo desarrollo de la tecnología, se mejoró el poder resolvente de las antenas y la sensibilidad de los receptores, y paulatinamente el interés de los astrónomos fue volcándose hacia este nuevo modo de observar al cosmos.

### **Radiofuentes:**

Se denomina **radiofuente** a un objeto del espacio exterior que emite radiación electromagnética en la región de las radiofrecuencias. La emisión proviene de gas caliente, electrones moviéndose en campos magnéticos, y ciertas longitudes de onda emitidas por átomos y moléculas en el espacio. La ciencia que se ocupa de su observación es la radioastronomía.

Existen radiofuentes tanto en nuestra galaxia como fuera de ella; en 1931 el astrónomo Karl Guthe Jansky detectó ondas de radio provenientes de una fuente desconocida en el centro de la Vía Láctea, y en 1946 se descubrió la primera radiofuente fuera de nuestra galaxia en la constelación de Cygnus. Estas fuentes no siempre son observables en el espectro visible, algunas de ellas son totalmente invisibles y su presencia sólo puede ser detectada por sus emisiones de radio.

De las muchas radiofuentes existentes más allá de nuestra galaxia, cabe señalar el hidrógeno neutro y el monóxido de carbono que se encuentran en galaxias espirales, y los cuásares (abreviatura del inglés *quasi-stellar radio source*), cuyas emisiones se relacionan con la existencia de agujeros negros supermasivos en el centro de galaxias

elípticas. De especial importancia es la débil radiación de fondo de microondas proveniente del Big Bang, que supuso el comienzo de nuestro universo hace unos 13.700 millones de años. Por último, se han utilizado ondas de radio en la búsqueda de otras civilizaciones en nuestra galaxia, hasta el momento sin resultados positivos.

Las radiofuentes pueden ser compactas, como las estrellas o los púlsares, o bien corresponder a cuerpos difusos, como las nubes de polvo interestelar o galaxias. Algunas, como los púlsares, emiten impulsos breves a intervalos regulares; otras emiten un espectro amplio con intensidad casi constante, mientras que otras, como el Sol, tienen una radiación muy irregular. Los restos de supernovas son radiofuentes intensas.

### **Radioastronomía Física.**

La banda de radio del espectro electromagnético es clasificada como sigue: 0 a 30 kHz, VLF 30 kHz a 300 kHz, LF onda larga 300 kHz a 3 MHz, MF onda media 3 MHz a 30 MHz, HF onda corta 30 MHz a 300 MHz, VHF 300 MHz a 3GHz, UHF microondas 3 GHz - 30 GHz, SHF. *Recuerde:  $c = f \cdot x$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz,  $3 \times 10^8$  m/s  $f$  es la frecuencia de las radioondas, Hertz,  $x$  es la longitud de la onda de radio en metros.*

Las radioondas pertenecen a una familia de ondas llamadas espectro electromagnético. Estas son ondas energéticas que viajan a través del vacío del espacio a la velocidad de la luz que es de  $3 \times 10^8$  metros/segundo ( $3 \times 10^5$  km/s). Estas ondas poseen un campo eléctrico y uno magnético. Toda onda está definida por una serie de parámetros que surgen de su representación gráfica: ciclo, longitud, frecuencia, amplitud.

Se llama longitud de onda a la distancia que se desplaza para completar un ciclo completo, las unidades de medida son por ej.: el m, de dm, el cm, etc. A la cantidad de ciclos que puede realizar en un segundo se llama frecuencia, la unidad de medida de la frecuencia es el Hertz sobre segundo (Hz/s), miles de Hertz (kHz/s), millones de Hertz (MHz/s).

Las radioondas térmicas son producidas por objetos calientes. Las radioondas de sincrotrón son producidas por partículas subatómicas (electrones y protones) que giran en espiral en los campos magnéticos. A veces se describen microondas y ondas del infrarrojo como tipos de radioondas.

### **Radiotelescopios:**

Es conocido que la radiación de los cuerpos celestes que observamos desde la superficie de nuestro planeta proviene de las llamadas “ventanas atmosféricas”, una es la ventana óptica que a través de la cual podemos observar el universo con nuestros ojos. La otra es la ventana de radio que corresponde a la emisión de ondas de radio proveniente del espacio. Es sabido que los cuerpos celestes emiten en todas las frecuencias del espectro electromagnético. Los instrumentos capaces de recibir estas ondas electromagnéticas son los **RADIOTELESCOPIOS**.

En principio los radiotelescopios pueden ser muy similares a los telescopios ópticos (reflectores), es decir, pueden consistir en un espejo parabólico que concentre las ondas provenientes del espacio en un foco.

La luz como las ondas de radio son radiaciones electromagnéticas que solo difieren en la longitud de onda. El distinto aspecto que presentan los telescopios ópticos o de radio se debe justamente a esa diferencia en longitud de onda. El poder separador de un telescopio que se define como la menor distancia angular a que debe encontrarse dos cuerpos para que no se confundan como si fuera un solo objeto.

Si consideramos ahora una longitud de onda típica utilizada en radioastronomía, por ejemplo:  $\lambda = 50\text{cm}$ , es fácil verificar que para igualar la resolución del telescopio de  $10\text{cm}$  necesitaríamos un espejo (antena) de  $100\text{km}$  de diámetro. Obviamente que es imposible construir una estructura parabólica de semejante dimensiones pero también es evidente que los radiotelescopios tendrán necesariamente que ser mucho más grandes que los telescopios ópticos.

Uno de los radiotelescopios más conocidos es el de Jodrell Bank de  $76\text{m}$  de la universidad de Manchester, Inglaterra. El instituto argentino de radioastronomía cuenta con un radiotelescopio de  $30\text{m}$  ocupando el décimo lugar en el mundo y el segundo en el hemisferio sur, siguiendo al de Australia. Estos equipos, pese a las dimensiones de sus antenas tienen un movimiento al igual que todos los telescopios pero limitado; En cambio otros radiotelescopios, como el de  $305\text{m}$  situado en un valle natural de Puerto Rico tiene una antena esférica fija pero se puede mover el foco permitiendo observar amplias regiones del espacio.

Afortunadamente, construir espejos para ondas de radio es mucho más fácil que para ondas luminosas. En un espejo parabólico se busca que toda radiación que choque sobre él sea recogida en un foco. Esto ocurre si la forma del espejo es perfecta; Pequeñas imperfecciones producirán que parte de esa energía se desvíe y se pierda, en la práctica se considera que un espejo es satisfactorio cuando el tamaño de las imperfecciones no exceda  $1/15$  de la longitud de onda utilizada mientras que un espejo óptico esto significa que la tolerancia en la forma del espejo no puede pasar  $0,000003\text{ cm}$ , en la mayoría de los radiotelescopios los errores de  $1/2\text{cm}$  son perfectamente tolerables. Además, la superficie reflectora de un radio telescopio no necesita ser sólida sino que puede ser de alambre tejido o chapa perforada, siempre teniendo en cuenta que dichas perforaciones no excedan la fracción de  $1/15$  de la longitud de onda recibida.

Gracias a estas mayores tolerancias es posible construir superficies reflectoras de decenas de diámetro tal como los ejemplos mencionados en un párrafo anterior. Aun así, la resolución de estos aparatos sigue siendo muy inferior al de los telescopios ópticos y por lo tanto fue menester recurrir a otro tipo de instrumentos, para solucionar esta dificultad como consecuencia existe una variedad mucho mayor de radiotelescopios que de telescopios ópticos.

Construir estructuras precisas y orientables de muchas decenas de metros de diámetro es una tarea cuya dificultad crece rápidamente con el tamaño. Por ello, en algunos casos, se ha preferido sacrificar la capacidad de movimiento del telescopio para poder obtener un mayor tamaño, así se han construido telescopios fijos o semifijos. Tal vez el más notable de ellos es el que posee la universidad de Cornell en Arecibo, Puerto Rico (Figura 2).

Aún este radiotelescopio tiene, sin embargo, un poder separador mucho menor que el más pequeño de los telescopios ópticos, y aún 50 veces menor que el ojo. Para obtener, en radioastronomía, un poder separador comparable al de la astronomía óptica se recurre a una técnica llamada *interferometría*.

Fundamentalmente la técnica consiste en observar un punto en el cielo con dos radiotelescopios separados, llevar la radiación recibida por cada antena a un mismo receptor de radio y allí mezclar-las. La resolución que se alcanza con esta técnica es muy superior a la de los radiotelescopios aislados, es decir, el poder separador que la radiointerferometría ofrece es equivalente a la resolución de una antena cuyo diámetro sea igual a la separación de las antenas que compone el radio-interferómetro. El radiointerferómetro mejor conocido es el *Very Large Array (VRA)* en Socorro, Nueva México. Este es un radiointerferómetro compuesto por 27 antenas. Otro conjunto de antenas es el *Low Frequency Array (LOFAR)* situado entre Holanda y Alemania formado por 25000 pequeñas antenas distribuidas sobre un área de varios cientos de kilómetros.

Finalmente, debemos decir algunas palabras con relación a cómo se detecta y registra la radiación proveniente del espacio y que recoge los radiotelescopios. En el caso de la astronomía óptica, al telescopio le podemos acoplar cámaras fotográficas, espectrógrafos o fotómetros. En radioastronomía no hay el equivalente a la cámara fotográfica. Sin embargo es posible realizar observaciones espectroscópicas o fotométricas.

Los espectros de radio son muy distintos a los espectros ópticos, ya que radioastronomía existen muy pocas líneas espectrales conocidas y que hay que estudiar individualmente. Es decir cada línea requiere la utilización de un receptor de radio distinta. Algo similar ocurre con la fotometría. En lugar de usar filtros como en astronomía óptica, se utilizan filtros, es decir, receptores de radio sintonizados a alguna frecuencia (o longitud de onda) determinada. Estos receptores son muy especializados ya que el mismo está destinado a registrar señales de muy baja intensidad. El desarrollo de estos receptores de radio a contribuido significativamente en el desarrollo de la industria electrónica en general. Las longitudes de onda más frecuentemente utilizadas en radioastronomía van de los pocos centímetros hasta los diez metros, aun-que algunos radiotelescopios pueden alcanzar algunas longitudes milimétricas.

Los amplificadores radioastronómicos deben ser de muy bajo ruido como consecuencia de la débil señal que registran.

Para ello se utilizan más veces o mucho más frecuente los denominados amplificadores paramétricos que también encuentra su aplicación en las comunicaciones por satélite y otros usos donde la señal recibida es muy débil

Los radiotelescopios no sólo se utilizan para recibir las débiles señales de radio de los cuerpos celestes. También puede acoplarse un transmisor de ondas de radio con lo cual tendríamos el radar-telescopio que es utilizado para la observación de los objetos más cercanos a la Tierra (La Luna, Venus, Marte)

La superficie de Venus, por ejemplo que está cubierta por una capa de nubes. Las ondas de radio tienen la ventaja de atravesar esa capa de nubes y por ende fue posible observar la superficie del planeta gracias a la Radar astronomía.

### **Bibliografía:**

- Curso de Introducción a la Astrofísica, Liga Iberoamericana de Astronomía, 2015.

- ¿Qué es la Radioastronomía?, Instituto Argentino de Radioastronomía, recuperado de: <https://www.iar.unlp.edu.ar/actividades/que-es-la-radioastronomia-nueva/#:~:text=La%20Radioastronom%C3%ADa%20es%20una%20disciplina,mayores%20a%20la%20luz%20infrarroja>.

- Radiofuentes, Wikipedia, Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Radiofuentes#:~:text=Se%20denomina%20radiofuentes%20a%20un,y%20mol%C3%A9culas%20en%20el%20espacio>.

- ¿Por qué Radioastronomía? EnDiAs, Enseñanza de la Astronomía, agosto del 2007.