
1 Portada

- 2 “El hombre, durante mucho tiempo, conoció el Universo sólo a través de sus ojos.”
- Foto de la Vía Láctea (nuestra galaxia), Nubes de Magallanes y cometa McNaught.
-

Más datos sobre la luz:

- **Isaac Newton** (1643-1727) Inglés. Descubrió que el espectro de color que se observa cuando la luz blanca pasa por un prisma es inherente a esa luz, en lugar de provenir del prisma. En 1850 el espectrógrafo, instrumento basado en el principio de la descomposición en colores de la luz, vino a incorporarse a la ciencia astronómica.
 - En la segunda mitad del siglo XIX **William Herschel** realizó un experimento tan sencillo como interesante. En un haz de luz solar que pasaba a través de un prisma, mantuvo un termómetro un poco más allá del extremo rojo. La columna de mercurio ascendió.
- 3 Evidentemente existía una forma de radiación invisible. Esta radiación recibió el nombre de "infrarrojo" (por debajo del rojo).
- 4 En la misma época, en el siglo XIX, el físico alemán **Johann Ritter** exploró el otro extremo del espectro. Encontró que el nitrato de plata (que se oscurece cuando es expuesto a la luz azul o violeta) se descomponía aún más rápidamente al colocarlo por debajo del punto en el que el espectro era violeta. Había descubierto la "luz ultravioleta" (más allá del violeta).
- 5
- 6
- Herschel y Ritter habían penetrado así en nuevas regiones de radiación y demostrado la existencia de "luz" invisible a los ojos.
- Maxwell** elaboró una teoría que predecía la existencia de toda una familia de radiaciones asociadas a los fenómenos eléctricos y magnéticos, familia en la cual la luz corriente es sólo una pequeña parte. **Hertz** descubrió la propagación de ondas electromagnéticas diferentes a las de la luz. Roentgen anuncia su descubrimiento, accidental, sobre una misteriosa radiación que denominó rayos X. **Rutherford** demostró la existencia de los rayos gamma, asociados con la desintegración del átomo (radioactividad), y de longitudes de onda aún más pequeñas que la de los rayos X.
-

- Una onda está caracterizada por su frecuencia y por su amplitud. La longitud de onda λ y la frecuencia ν dependen unívocamente entre sí pues: $\lambda \nu = \text{constante}$. La luz en su naturaleza ondulatoria, son campos eléctrico **E** y magnético **B** que se crean y anulan entre sí. En este caso,
- 7 el producto $\lambda \nu = c$ es la velocidad de la luz.
- 8 A su vez la luz en su naturaleza corpuscular se compone de partículas sin masa llamadas fotones, que sólo tienen energía. La cantidad de energía que contienen está cuantizada, y se
- 9 relaciona directamente con la frecuencia de la luz. Energía $U = h \nu$, donde **h** es la constante de Planck, que tiene unidades de energía por tiempo (ya que la frecuencia tiene unidades de 1 sobre tiempo) $h = 6,6260693 \times 10^{-34} \text{ joule segundo}^{-1}$
-

Algunas aplicaciones cotidianas de la luz:

- Rayo gama: es el tipo de radiación liberada en una explosión atómica, es altamente dañina.
 - Rayos X: se usa, por ejemplo, para ver los huesos (así como la luz visible atraviesa vidrio pero no atraviesa madera, la luz de rayos x atraviesa carne pero no huesos)
 - La luz ultravioleta es lo que nos broncea. Atraviesa las nubes, así que nos tostamos aunque esté nublado.
- 10
- Los seres vivos emitimos luz infrarroja, más intensa dónde está más caliente. En el caso del perro es más fuerte en los ojos y en la boca, disminuye en las orejas, y es muy débil en el pelaje y en el hocico, que es donde está más frío.
 - La luz de microondas se usa para las telecomunicaciones y para cocinar alimentos.
 - El teléfono, la televisión, la radio, los walkie-talkies, son algunas de las tantas aplicaciones de la luz en frecuencia de radio.
-

- Telescopio Refractor **Gran Ecuatorial Gautier** del Observatorio de La Plata.
- 11
- Observatorio Gémini Sur, en el Cerro Pachón, Chile. (Argentina es parte del Consorcio Gémini; son dos telescopios, uno en el hemisferio sur y otro en el norte)
-

Con la astronomía óptica (luz visible) descubrimos gran cantidad de cosas:

- Imagen de un grupo de galaxias: para fines científicos es más útil realizar el estudio con la imagen en negativo (fondo blanco con la estrellas en negro). Actualmente las imágenes se obtienen con dispositivos electrónicos (CCD) que cuentan fotones y forman la imagen en la computadora directamente.
- 12
- Imágenes ópticas de: una nebulosa planetaria (nebulosa del cangrejo), planetas, asteroides, una galaxia, y el centro de nuestra galaxia la Vía Láctea.
-

- Con el espectrógrafo y el avance de la teoría del átomo, la luz visible nos permitió conocer la composición química de los astros, ya que se evidencia en las líneas oscuras del espectro.
- 13
- Espectros en absorción de estrellas.
-

De las estrellas, galaxias, y en general de todo el universo nos llega radiación de las más variadas frecuencias.

- Muy poca radiación alcanza la superficie de la Tierra. Las radiaciones gama, X, parte del Ultravioleta y la mayor parte del Infrarrojo son absorbidas en la atmósfera.
 - Las ondas largas de radio rebotan en la Ionósfera.
-

Así, según en que frecuencia observemos, el cielo nos ofrece diferentes aspectos. Veamos la galaxia Vía Láctea:

- Rayos Gama: >100 Mev
 - Rayos X: 0.25 , 0.75 , 1.5 keV
 - Visual: 400 - 700 nm
- 15
- Infrarrojo Cercano: 1.25 , 2.2 , 3.5 μm
 - Infrarrojo: 16 , 60 , 100 μm
 - Hidrógeno Molecular: 115 GHz
 - Continuo de Radio: 2.4 - 2.7 GHz
 - Hidrógeno Atómico: 21 cm
 - Continuo de Radio: 408 MHz
-

- En nuestra institución: **Instituto Argentino de Radioastronomía** nos dedicamos a captar y estudiar la radiación proveniente del espacio en frecuencia de Radio. Las ondas de radio deben ser captadas con una o más antenas.
- 16
- Antenas del IAR
-

-
- 17
- Los átomos y moléculas provocan la emisión de radio del cuerpo. La antena del radiotelescopio se encarga de recoger estas ondas y el receptor de hacerlas descifrables, de modo que la señal interceptada se reproduce más convenientemente, no como sonido, sino en forma numérica o gráfica. Esta información es luego procesada por medio de computadoras.
 - Un aparato receptor de radio como la que escuchamos está preparado para recibir una información que fue emitida de forma conocida, de modo que sólo la traduce a conveniencia. En cambio, el mensaje que transmiten las ondas espaciales tuvieron y tienen que ser descifradas por los astrónomos, ya que el cielo no nos confía previamente los secretos de cómo, por qué y dónde se producen las emisiones. Así, el radioastrónomo obtiene información de los cuerpos cósmicos, interpretando la radiación que emiten.
- Desafortunadamente, estas señales son increíblemente débiles... La energía recogida por todos los radiotelescopios del mundo (más de 80), sobre los pasados 50 años, es menor que la energía liberada por una sola gota de lluvia al chocar contra el suelo. Por esta razón son necesarias grandes antenas colectoras, y sofisticados receptores con el más bajo ruido propio, capaces de detectar por encima de este ruido, amplificar y procesar la radiación sumamente débil proveniente del espacio.
-

- 18
- La emisión radial del cielo, se traduce en una representación de su intensidad a lo largo de la frecuencia, llamado perfil. Observando en diferentes sitios del cielo, se compone un mapa de perfiles de la región. Uno de los datos útiles que proporciona el perfil, es su área, que representa la cantidad de materia emisora. Esta área se traduce en un número, que se coloca en el mapa del cielo observado. Se trazan líneas que unen regiones celestes de igual intensidad o cantidad de materia emisora. Las regiones se pueden colorear, con cierto código, para representar lo más intenso (rojo en el dibujo) y su degradado hacia zonas de menor intensidad de emisión (azul). Se obtiene así una radioimagen
-

- 19
- Los primeros pasos hacia el encuentro con un Universo en radio, desconocido para los ojos humanos fueron dados en 1932, cuando el ingeniero **Karl Jansky**, sin proponérselo, descubrió la radiación en ondas de radio provenientes del espacio exterior (con la antena de la foto). Trabajaba para los laboratorios de la Bell Telephone, en New Jersey, USA, con fines de localizar interferencias en las comunicaciones de radio, cuando se dio cuenta que recibía a diario un extraño "ruido". Al cabo de un año pudo verificar su origen extraterrestre, pues provenía de un mismo lugar en el cielo: el Centro de nuestra Galaxia. Sin embargo, el descubrimiento de Jansky no fue considerado importante para la empresa en la cual trabajaba.
 - Imagen actual del centro de la Vía Láctea en Radioondas y en visual.
-

- 20
- Sí fue importante para el radioaficionado **Grote Reber** quien, años más tarde, construyó en su casa la primera antena dedicada a fines astronómicos, con la que elaboró los primeros mapas en radio del cielo.
- Grote Reber posa con su antena original.
 - Modelo simple de una antena de radio.
-

- 21
- Al hacer los primeros mapas del cielo en radio, se notó que la radiación más intensa provenía de la misma franja luminosa donde se agrupa la mayoría de las estrellas, la Vía Láctea. Se pensó entonces que las estrellas producían la emisión de radio.
 - Imagen: Panorama del radiocielo obtenido en 1957, a 250 megaciclos, en la franja de la Vía Láctea. Esta figura nos muestra cómo aparecería el cielo si nuestros ojos fueran sensibles a las ondas de radio en lugar de serlo a la luz visible.
- Pero luego se conoció que las estrellas no pueden ser radioemisores intensos. Aún el Sol, una de las fuentes de radio más brillante en el cielo a altas frecuencias o cuando está activo, sería invisible para cualquier radiotelescopio, si estuviese situado a 5 años luz. ¿De dónde provenía entonces la emisión?
-

22

Se puede creer que el espacio exterior está poblado únicamente por estrellas, ya que en una noche clara sólo se ve negrura entre los diminutos puntos de luz. Pero esta oscuridad no hace más que corroborar los límites de nuestra visión. Sucede que el espacio entre las estrellas no está vacío, sino que está lleno por una mezcla muy diluida de polvo y gas, tanto material primitivo desde la formación del Universo, como material elaborado en las fábricas estelares y arrojado al espacio, y restos gaseosos y polvorientos de estrellas que murieron. Entonces, un análisis más detallado de las señales recibidas, mostró cuál era el origen de las radiaciones cósmicas interceptadas por un radiotelescopio.

23

- Existen regiones en el espacio donde estrellas muy brillantes y azules, recientemente nacidas, están embebidas en gas que, debido a esta proximidad, se calienta y emite luz. Entonces vemos (sólo con telescopios) hermosas Nebulosas, que así se llaman por su apariencia de nubes brillantes. El gas se “enciende” debido a la radiación ultravioleta de las estrellas de los alrededores.
- También se hallan esparcidos en la galaxia, restos de estrellas que estallaron. La energía producida durante la explosión alcanza aún a "calentar" el escombros gaseoso, formando también una Nebulosa brillante.
- Ambas clases de Nebulosas producen emisiones de Radio. De modo que las radioemisiones celestes provienen principalmente del medio interestelar, sea éste visible o invisible. Con este hallazgo la radioastronomía reafirmaba el hecho que en el espacio no existe el vacío absoluto. En 1948, Tauro A (el emisor más intenso en la constelación de Tauro), fue identificado con la Nebulosa del Cangrejo, formada por los restos de una estrella que ya no existe.

24

- Pero ¿qué sucede con las partículas atómicas presentes en regiones donde no hay estrellas cercanas que las calienten y las estimulen a emitir luz? El gas, compuesto de átomos, partículas cargadas (electrones o núcleos atómicos) y moléculas, invisible a los ojos, que llena todo el espacio entre las estrellas de una galaxia como la nuestra, produce emisiones en ondas de radio. De modo que las radioemisiones celestes provienen principalmente del medio interestelar, sea éste visible o invisible. Con este hallazgo la radioastronomía reafirmaba el hecho que en el espacio no existe el vacío absoluto. El gas presente en el espacio entre las estrellas está muy diluido, ya que un cubo del tamaño de 10 kilómetros de lado contiene, en los lugares más densamente poblados, solamente 3 gramos de materia. Pero el espacio interestelar es muy grande: si el Sol fuese del tamaño de una abeja (unos 2 centímetros) la distancia a la estrella más próxima (Alfa Centauro) sería de 400 kilómetros. Este gas tenue, a veces se reúne formando condensaciones llamadas nubes, las cuales pueden ser tan "pesadas" como varios millones de soles.
- En el espacio también hay polvo, llamado polvo interestelar, que es prácticamente igual al polvo que se acumula en nuestros muebles. Las partículas de polvo, que están mezcladas con el gas en el espacio, a pesar de ser muy pequeñas, existen en gran cantidad, por lo que impiden que la luz de las estrellas distantes llegue hasta nosotros.
- He aquí una gran ventaja de la radioastronomía sobre el método óptico: Las ondas de radio producidas por el gas, penetran sin dificultad a través de las gruesas nubes de polvo interestelar, de modo que la gran contribución de la radioastronomía al conocimiento del cosmos es poder "ver" que sucede en sitios oscurecidos y también distantes, desde donde no nos llega la luz estelar.

25

- Estructura del átomo
- Hoy gracias a la estadística cuántica, sabemos que los electrones no se mueven en órbitas como la de los planetas sino que se mueven en regiones que dependen de las cantidad de electrones que tenga el átomo (al obtener las probabilidades de que un átomo se encuentre en una determinada región se obtienen “nubecitas” de posibles posiciones).

-
- 26
- El Hidrógeno es el elemento más abundante del universo. En efecto, las tres cuartas partes del gas presente en y entre las estrellas, está compuesto por átomos de hidrógeno. La existencia del hidrógeno interestelar solo pudo comprobarse con un radiotelescopio, pues emite en una única frecuencia, 1420 millones de Hertz, en la banda de radio, con una longitud de onda de 21 centímetros. La línea está creada por un cambio en el estado de energía del (el espín del electrón cambia de su configuración paralela con el espín del protón a una configuración antiparalela, que es de menor energía, esto ocurre en la estructura hiperfina del átomo de hidrógeno).

-
- 27
- Este elemento surgió muy temprano en la vida del Universo, y a partir de él se ha formado toda la materia conocida (incluyendo al ser humano). Es el combustible para la producción de energía que hace brillar a las estrellas, y aún para la gestación de otras.
 - El hidrógeno se halla presente en todo lugar que uno mira dentro de nuestra galaxia: "llena todo el espacio". Su distribución en el medio interestelar es tal que podemos encontrar 1 átomo en cada centímetro cúbico de espacio (muy baja densidad). Como comparación, el aire de la atmósfera que respiramos contiene más de un trillón de átomos en un centímetro cúbico. Sin embargo, el contenido total en nuestra galaxia equivale a unos 5.000 millones de soles, es decir, unos billones de billones de toneladas.

El hidrógeno es el elemento predominante de las galaxias:

Fotos de galaxias:

- 28
- NGC3310
 - Galaxy NGC 4013
 - whirlpool galaxy M51
 - Galaxia ESO 510-G13
 - polar ring Galaxy NGC 4650A
 - Galaxia Espiral Pair NGC 3314

-
- 29
- Con la emisión en radio se comprobó que el gas de hidrógeno de una galaxia puede extenderse mucho más allá de la apariencia visible determinada por las estrellas

-
- 30
- El gas revela a veces interacciones gravitatorias entre galaxias cercanas, ya sea por encorvamientos en los bordes o bien formando puentes gaseosos con galaxias vecinas, como el que existe entre la Vía Láctea y las Nubes de Magallanes, las pequeñas galaxias satélites de la nuestra. (observando con luz visible no se ve la unión gaseosa entre las galaxias, se podría interpretar que son galaxias independientes; la unión se evidencia con radio observación).
 - El análisis de las señales emitidas por el hidrógeno no sólo contribuye al conocimiento de la formación, dinámica y evolución de las galaxias en el Universo, sino que nos da un método para "pesarlas". Cuanto más masiva es una galaxia, mayor es su atracción gravitacional sobre un cuerpo de su pertenencia, y más rápidamente girará éste en torno al centro.
 - El gas de hidrógeno suele extenderse bastante más lejos que la materia estelar visible, por lo que se pueden estudiar los movimientos a grandes distancias del centro de una galaxia.
-

▪ Por lo general, se observa en radio que el gas se mueve mucho más rápido de lo esperado según la cantidad de materia detectada (gas, polvo y estrellas). Es decir, los efectos gravitacionales sobre el gas serían explicados si hubiese mucha más materia dentro de una galaxia que la detectada.

31 ▪ Radio imagen del gas de hidrógeno en la galaxia M 81, en la frecuencia es de 1420 millones de Hertz. Los colores representan velocidad. Lo rojo es gas que se mueve hacia atrás y lo azul, hacia nosotros.

▪ Surgió así una de las mayores incógnitas conocidas y aún no develada: la posible existencia de "materia oscura" (pues no se la detecta a ninguna frecuencia). Tampoco es claro bajo qué forma existiría esta materia.

▪ El progresivo desarrollo de la técnica en comunicaciones radiales ayudó al avance de la ciencia radioastronómica. Hoy en día, a veces sucede que ciertos desarrollos tecnológicos producidos en radioastronomía, son luego aplicados a otras ciencias.

32 ▪ **Radiotelescopio de Arecibo**, Puerto Rico, con la superficie de antena simple más grande del mundo (300 metros)

▪ **VLA** (Very Large Array): Sistema de antenas colectoras que, unidas bajo un sistema denominado interferometría, equivalen a una gran antena de varios kilómetros de diámetro.

▪ **Radiotelescopio de Parkes**, en Australia. Forma parte de una red de telescopios extendida por el territorio australiano, conocida como el Australian Telescope (AT)

▪ Moléculas espaciales: Hoy en día se observan más de 80 especies moleculares, desde el agua, ácido fórmico, monóxido de carbono, etc, hasta moléculas complejas de 12 y 13 átomos. Se construyen a partir de unos pocos elementos, principalmente hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, carbono y sulfuro. La mayoría son moléculas orgánicas esenciales para la vida.

33 Nebulosas. En las Nebulosas, el gas se vuelve visible por el calentamiento producido por estrellas jóvenes, grandes nubes moleculares, verdaderas fábricas químicas interestelares, acompañan a estas Nebulosas. Son verdaderos vientres maternos, donde están gestándose estrellas y, probablemente, nuevos sistemas planetarios. La materia contenida en estas nubes es suficiente a veces para formar unos 100.000 soles.

▪ Estas regiones moleculares se hallan envueltas por nubes de polvo, que han ayudado a la formación de las moléculas y las han protegido del efecto destructor de la radiación intensa de las estrellas cercanas ya formadas

▪ Primeras moléculas halladas: Molécula del Agua, Molécula del Amoníaco, Alcohol etílico

34 Explosiones de Supernova; Púlsares: cuando una estrella muere con una explosión de supernova, puede dejar como remanente una estrella de neutrones (es muy pequeña y densa). La acumulación de materia en torno a ella provoca una emisión en ondas de radio cuya dirección está dada por la orientación del campo magnético de la estrella, que no coincide con el eje de rotación de la estrella, lo que provoca una recepción de señal como la mostrada.

▪ Puppis A.

-
- Radiogalaxias: Su apariencia en radio es muy extraña: se "ve" una emisión que coincide con la galaxia a ojos vista, pero además, presentan intensas emisiones (producto de chorros de partículas atómicas despedidas desde el núcleo galáctico) extendidas mucho más allá de la galaxia.
 - Una estrella común como el Sol, emite por segundo el equivalente energético de 3.800 millones de bombas atómicas de 20 megatones. Nuestra galaxia, es unas 300.000 millones de veces más potente, puesto que ésta es la cantidad de estrellas que contiene.
- 35**
- Las radiogalaxias tienen en general una potencia en radio miles de veces mayor que la de la Vía Láctea.
 - Hoy se cree que existe en el corazón de la galaxia un objeto muy masivo, colapsado en un pequeño tamaño, y con tanta gravitación que ni siquiera la luz puede escapar (es decir, un agujero negro), aunque sí haría emitir enormes cantidades de energía a la materia que está atrayendo hacia sí.
-

- Mapa de todo el cielo de la radiación de fondo en microondas, obtenido por el satélite COBE en 1992. Aparecen aquí los primeros signos de las fluctuaciones primitivas originadas 100.000 años después de la explosión, y que fueron las semillas que formaron las galaxias. Estas fluctuaciones aparecen como variaciones en la temperatura de fondo de $3 \text{ }^\circ\text{K} = 270 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 36**
-

- Gracias a la observación del cielo en diferentes longitudes de onda hoy estamos en condiciones de determinar que forma tiene el universo completo.
- 37**
- El universo agrupa su materia en filamentos formando una "esponja" con grandes extensiones de vacío.
-

SETI:

Search for Extra-Terrestrial Intelligence / Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre

- 38**
- Se utilizan técnicas radioastronómicas para detectar hipotéticas señales de radio originadas en otras civilizaciones galácticas. La idea principal es lograr recibir una señal cuyo patrón o ancho de banda no pueda ser producido por medios físicos naturales. En el IAR se llevó adelante durante varios años un proyecto de búsqueda llamado META que no dio resultados, actualmente suspendidos. Cabe aclarar que desde hace casi 50 años se realizan (y continúan realizando) en el mundo búsquedas por medio de diversas tecnologías, y hasta ahora el resultado es nulo.

- Tapa de la novela *Contacto* de Carl Sagan
-