

El Espectro Electromagnético

© 2002. *Carlos Andrés Carvajal Tascón.*
Astrónomo Autodidacta.

La naturaleza de la luz ha sido estudiada desde hace muchos años por científicos tan notables como [Newton](#) y [Max Plank](#). Para los astrónomos conocer la radiación electromagnética es un elemento clave debido a que toda la información que obtenemos de las estrellas nos llega a través del estudio de la radiación.

La naturaleza de la luz ha sido interpretada de diversas maneras:

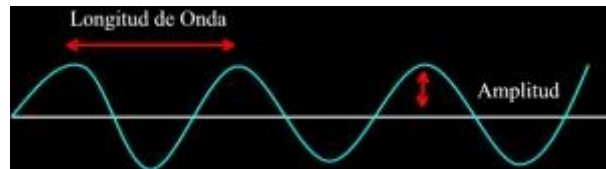
1. Compuesta por corpúsculos que viajaban por el espacio en línea recta (teoría corpuscular - Newton - 1670)
2. Ondas similares a las del sonido que requerían un medio para transportarse (el éter) (teoría Ondulatoria - [Huygens](#) - 1678, Young, Fresnel)
3. Ondas electromagnéticas al encontrar sus características similares a las ondas de radio (teoría electromagnética - Maxwell - 1860)
4. Como paquetes de energía llamados cuantos (Plank).

Finalmente Broglie en 1924 unifica la teoría electromagnética y la de los cuantos (que provienen de la ondulatoria y corpuscular) demostrando la doble naturaleza de la luz.

La radiación electromagnética

Las cargas eléctricas estacionarias producen campos eléctricos, las cargas eléctricas en movimiento producen campos eléctricos y magnéticos. Los cambios cíclicos en estos campos producen **radiación electromagnética**, de esta manera la radiación electromagnética consiste en una oscilación perpendicular de un campo eléctrico y magnético. La radiación electromagnética transporta energía de un punto a otro, esta radiación se mueve a la velocidad de la luz (siendo la luz un tipo de radiación electromagnética).

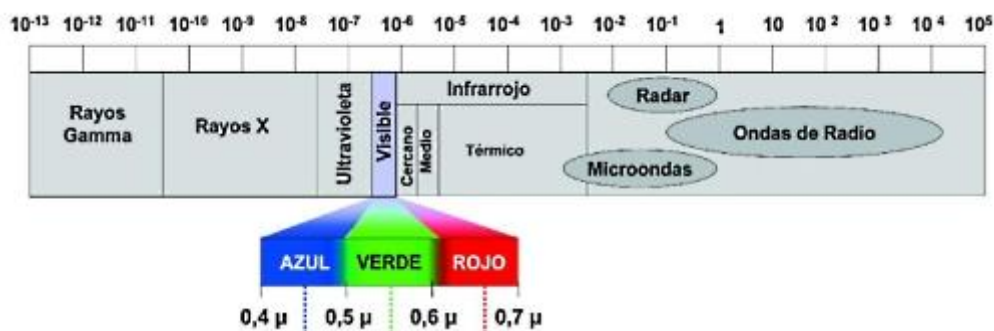
Las ondas de radiación electromagnética se componen de crestas y valles, convencionalmente las primeras hacia arriba y las segundas hacia abajo. La distancia entre dos crestas o valles se denomina **longitud de onda** (λ). La **frecuencia** de la onda esta determinada por las veces que ella corta la línea de base en la unidad de tiempo (casi siempre medida en segundos), esta frecuencia es tan importante que las propiedades de la radiación dependen de ella y está dada en Hertz. La **amplitud de onda** esta definida por la distancia que separa el pico de la cresta o valle de la línea de base (A). la energía que transporta la onda es proporcional al cuadrado de la amplitud. La unidad de medida para expresar semejantes distancias tan pequeñas es el nanómetro (10^{-9} metros).



La luz visible, es decir las ondas electromagnéticas para las cuales el ojo humano está adaptado, se encuentran entre longitudes de onda entre los 400 nm (**violeta**) y 700 nm (**rojo**). Como lo predijeron las ecuaciones de Maxwell existen longitudes de onda por encima y por debajo de estos límites. Estas formas de "luz invisible" se han encontrado y organizado de acuerdo a sus longitudes en el espectro electromagnético.

Espectro electromagnético

Si las ondas electromagnéticas se organizan en un continuo de acuerdo a sus longitudes obtenemos el espectro electromagnético en donde las ondas más largas (longitudes desde metros a kilómetros) se encuentran en un extremo (Radio) y las más cortas en el otro (longitudes de onda de una billonésima de metros) (Gamma).



Luz Visible. Isaac Newton fue el primero en descomponer la luz visible blanca del Sol en sus componentes mediante la utilización de un prisma. La luz blanca está constituida por la combinación de ondas que tienen energías semejantes sin que alguna predomine sobre las otras. La radiación visible va desde 384×10^{12} hasta 769×10^{12} Hz. Las frecuencias más bajas de la luz visible (longitud de onda larga) se perciben como rojas y las de más alta frecuencia (longitud corta) aparecen violetas.

Rayos infrarrojos. La radiación infrarroja fue descubierta por el astrónomo [William Herschel](#) (1738-1822) en 1800, al medir una zona más caliente más allá de la zona roja del espectro visible. La radiación infrarroja se localiza en el espectro entre 3×10^{11} Hz. hasta aproximadamente los 4×10^{14} Hz. La banda infrarroja se divide en tres secciones de acuerdo a su distancia a la zona visible: próxima (780 - 2500 nm), intermedia (2500 - 50000 nm) y lejana (50000 - 1mm). Toda molécula que tenga una temperatura superior al cero absoluto (-273° K) emite rayos infrarrojos y su cantidad está directamente relacionada con la temperatura del objeto.

Microondas. La región de las microondas se encuentra entre los 10^9 hasta aproximadamente 3×10^{11} Hz (con longitud de onda entre 30 cm a 1 mm).

Ondas de Radio. Heinrich Hertz (1857-1894), en el año de 1887, consiguió detectar ondas de radio que tenían una longitud del orden de un metro. La región de ondas de

radio se extiende desde algunos Hertz hasta 10^9 Hz con longitudes de onda desde muchos kilómetros hasta menos de 30 cm.

Rayos X. En 1895 Wilhelm Röntgen invento una máquina que producía radiación electromagnética con una longitud de onda menor a 10 nm a los cuales debido a que no conocía su naturaleza las bautizó como X.

Radiación Ultravioleta. Sus longitudes de onda se extienden entre 10 y 400 nm más cortas que las de la luz visible.

Rayos Gamma. Se localizan en la parte del espectro que tiene las longitudes de onda mas pequeñas entre 10 y 0.01 nm.

Líneas espectrales.

Los átomos poseen un núcleo el cual tiene la mayor parte de su masa y toda su carga positiva. Rodeando al núcleo se encuentra un enjambre de electrones con carga negativa. En estado estable el átomo debe ser neutro, de esta manera, la carga positiva del núcleo se contrarresta con la carga negativa de los electrones.

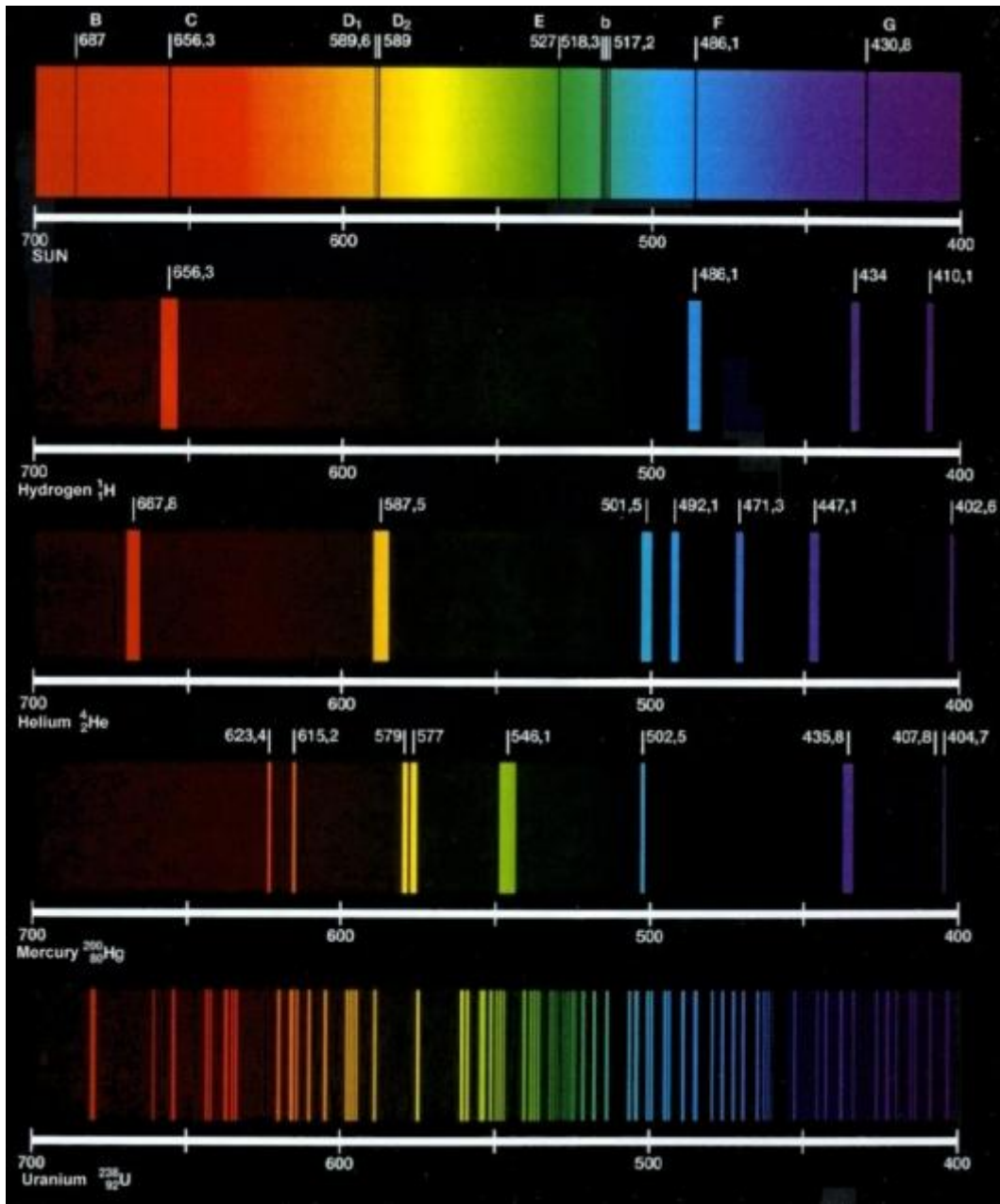
El núcleo está formado por dos tipos de partículas, los protones y los neutrones unidos por una fuerza llamada **fuerza nuclear fuerte**. Los protones tienen toda la carga positiva y el número de ellos da las características fisicoquímicas al átomo. De cada elemento químico se pueden tener varias formas o isótopos; en los isótopos el número de protones se mantiene constante pero no el de neutrones. El hidrógeno por ejemplo tiene dos isótopos muy comunes el ^1H y el ^2H (deuterio) y uno menos común el tritio ^3H . El número que precede al símbolo químico es el número de nucleones (protones y neutrones) que posee.

Los electrones de un átomo solo pueden encontrarse en unas órbitas permitidas y no en cualquier posición con respecto al núcleo. Ahora bien, un electrón puede cambiar de una órbita a otra siempre y cuando la de destino esté desocupada. Al pasar un electrón a una órbita mas baja este necesita emitir energía, la cual libera en forma de paquete o cuanto. Para pasar a una órbita mas alta requiere absorber energía también en forma de cuanto de luz. El cuanto de luz emitido o absorbido es específico para cada órbita de cada átomo específico. De esta manera al estudiar la energía electromagnética emitida o absorbida por un átomo se puede determinar que tipo de átomo es.

Cuando se tiene un material excitado como por ejemplo un gas calentado por la luz estelar, una gran multitud de sus átomos puede estar sufriendo cambios en la órbita de sus electrones y por este motivo se presenta gran cantidad de absorción y/o emisión de cuantos de energía. El estudio de estos fotones dan las "huellas" de identificación de los átomos presentes en el gas.

Al analizar el espectro proveniente de la luz de un gas o estrella se pueden apreciar "huecos" en el espectro estudiado (líneas espectrales de absorción), corresponden a las longitudes de onda absorbidas por el átomo. Igualmente al estudiar material incandescente podremos ver espectros con líneas característicamente brillantes a las que se denominan líneas de emisión. Las moléculas también emiten y absorben radiación en

longitudes características, una de las más utilizadas en astronomía es la emisión de 21 cm de las moléculas de hidrogeno.



Cuerpo negro

Todos los cuerpos emiten radiación electromagnética por el simple hecho de tener cierta temperatura. Para estudiar la liberación de energía por cuerpos calientes se debe considerar un objeto especial de características ideales en el cual toda la luz que absorba no se refleje; a tal objeto se le denomina cuerpo negro. Estos cuerpos negros emiten energía y lo hace según un espectro característico, durante muchos años no se logró explicar la radiación de energía de un cuerpo negro hasta que Max Plank en 1900 lo hizo suponiendo que la energía se liberaba en paquetes o cuantos. La emisión de energía por parte de las estrella semeja mucho a la de un cuerpo negro (salvo por las líneas de absorción y emisión).

Cuando un objeto emite radiación de manera similar a un cuerpo negro se puede asegurar que esta energía es de tipo térmico; existe sin embargo otro tipo de energía electromagnética de tipo no térmico a la cual se le conoce como ***radiación sincrotón***. Está es producida por partículas cargadas, casi siempre electrones, que giran alrededor de líneas de campo magnético y emiten radiación. La liberación de energía sincrotón tiene como característica que se emite en longitudes de onda muy pequeñas en el rango de los rayos X y Gamma.

Cuando existen líneas espectrales, estas líneas tiene cambios característicos, en presencia de campos magnéticos muy fuertes; las líneas espectrales se desdoblan en parejas con una distancia entre ellas relacionada a la magnitud del campo, a este fenómeno se le conoce como ***fenómeno de Zeeman*** y fue descubierto al estudiar las propiedades espectrales de las manchas solares.