

Naturaleza de la Luz:

En su obra Óptica (1704), Isaac Newton (1642-1727) enunció la teoría que sostenía que la luz está formada por corpúsculos emitidos por el objeto luminoso, que se mueven en línea recta. La formación de sombras y penumbras parecía confirmar esta teoría.

El Físico holandés Christiaan Huygens (1629-1695) adoptó el modelo ondulatorio en el que reconocía cierta analogía entre fenómenos ópticos y sonoros. Para los seguidores de esta última teoría, la luz se producía por la vibración de un medio material transparente con propiedades desconocidas al que llamaron **éter**.

El físico escocés James Clerk Maxwell (1831-1879) presentó en 1865 su teoría en la que demostró matemáticamente la existencia de campos electromagnéticos que, en forma de ondas, podían propagarse tanto en el vacío como en un medio material.

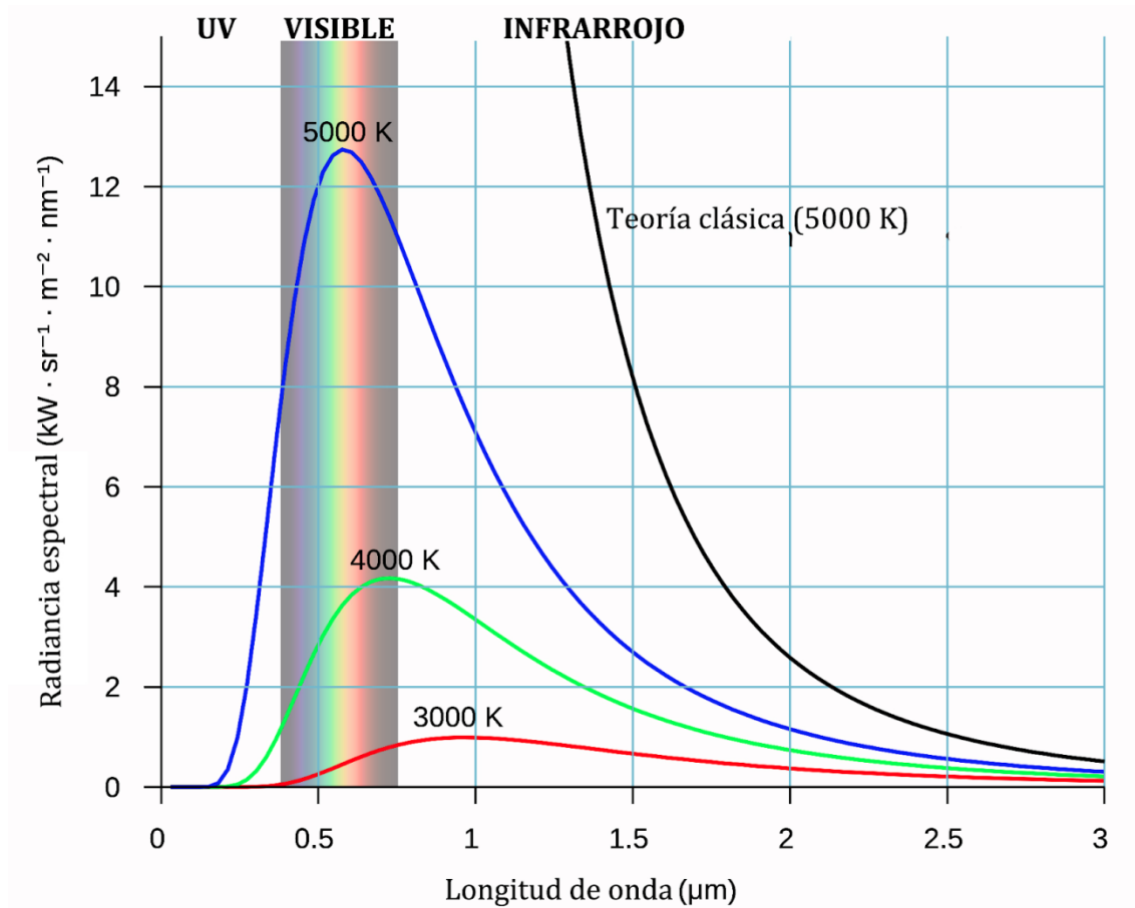
Las expresiones matemáticas de las ecuaciones de Maxwell explican las variaciones espacio-temporales de los campos eléctricos y magnéticos. Las fuentes de los campos eléctricos son las cargas eléctricas, mientras que el magnético solo se produce cuando estas están en movimiento. La Teoría de Maxwell permite generalizar este concepto de un modo un poco más abstracto, sin que sea preciso mencionar las cargas eléctricas: la variación del campo eléctrico origina un campo magnético y viceversa. Los campos eléctricos y magnéticos pueden propagarse en ausencia de cargas en forma de ondas electromagnéticas. Una onda mecánica se produce por la vibración que se propaga, haciendo oscilar las partículas del medio material en el que la perturbación avanza como lo es el aire. En el caso del campo electromagnético, la ecuación de onda resulta de la combinación de las ecuaciones de Maxwell. Las ondas son oscilaciones sincronizadas de campos eléctrico y magnético que se propagan a la velocidad de la luz.

En 1886, Heinrich Hertz logró producir y detectar estas ondas. La radiación permitió establecer la naturaleza electromagnética de la luz visible, la cual es una pequeña porción del espectro de la radiación electromagnética. Las frecuencias pequeñas (longitudes de ondas grandes) son la base de nuestras comunicaciones actuales, mientras que la interacción de la radiación de grandes frecuencias con la materia puso de manifiesto la cuantización de la materia.

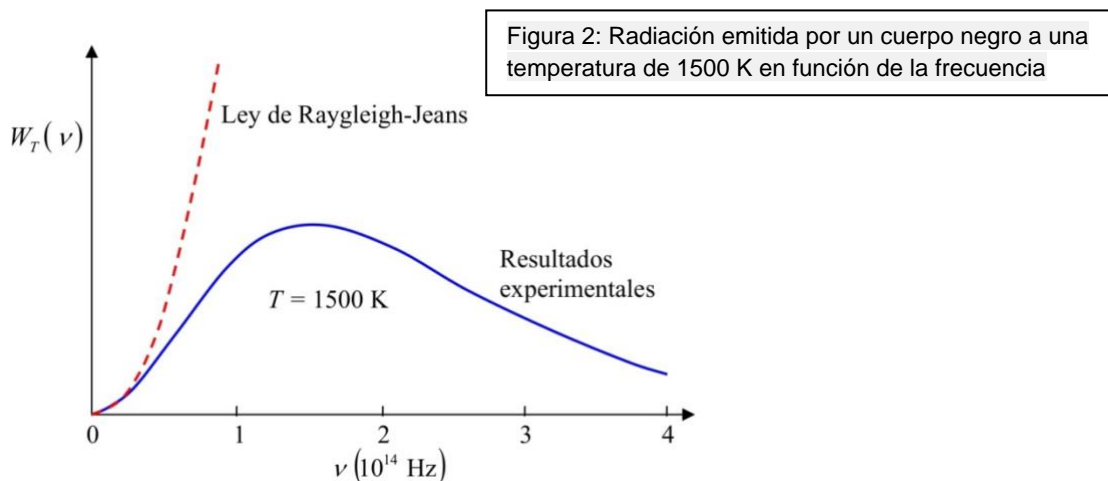
Max Planck (1858-1947), al estudiar los fenómenos de radiación electromagnética por parte de la materia, admitió que esta emisión no se da en forma continua, sino discreta, es decir, como saltos o paquetes de energía, a los que Planck denominó **cuantos de energía**.

La primera aplicación de la hipótesis de cuantización de la energía aparece en un problema cotidiano: la explicación de la emisión de radiación luminosa de un cuerpo a medida que aumenta su temperatura. El problema se conoce como radiación de cuerpo negro. El color de un cuerpo incandescente está relacionado con su temperatura, por ejemplo; a medida que se calienta un trozo de hierro, va tomando un color rojo que después se torna de un intenso blanco violeta. Un emisor ideal (cuerpo negro) absorbe toda la radiación que recibe sin reflejar nada. Una buena aproximación de un cuerpo negro sería un recinto de paredes oscuras a modo de horno, tal que la radiación quede atrapada en la cavidad, y en el que a su vez, por

una pequeña abertura, sea posible observar la radiación emitida a cada temperatura. Así se pudo establecer una relación entre el color del cuerpo (longitud de onda) y su temperatura (figura 1).

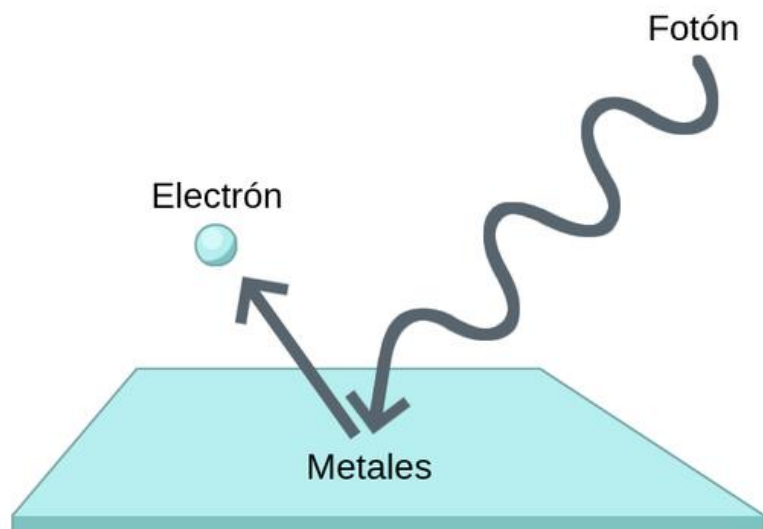


Desde el punto de vista teórico se encontraron modelos que explican la emisión a bajas frecuencias (Ley de Rayleigh-Jeans) y altas frecuencias, un mismo modelo no conseguía explicar ambas situaciones, como sería el caso de una emisión continua. El hecho de que la formula produjese valores infinitos a frecuencias altas, contrariamente a la observación experimental (figura 2), molestaba a los científicos, y fue denominado “catástrofe ultravioleta”.



Con la hipótesis de Planck se explicaba la radiación de cuerpo negro, tanto a bajas como a altas frecuencias, asumiendo que cada emisor solo puede radiar energía en múltiplos de un cuanto fundamental cuyo valor es $h\nu$, donde h es una constante, denominada constante de Planck y ν , la frecuencia de la radiación emitida.

Albert Einstein (1879-1947) analizó un fenómeno conocido como efecto fotoeléctrico. Dicho efecto consiste en que algunos metales emiten electrones cuando son iluminados. Según Einstein, este fenómeno no podía ser explicado desde el modelo ondulatorio, y tomando como base la idea planteada por Planck, afirmó que no solo la emisión de la radiación se produce en forma discontinua, sino que la energía de la radiación es discontinua. Según Einstein, la luz estaría formada por corpúsculos a lo que hoy llamamos fotones de energía $E = h\nu$. Cada uno de ellos actúa como una partícula que choca con un electrón que abandona la placa metálica cuando la partícula le confiere el momento suficiente (figura 3). De este modo se explica que el efecto fotoeléctrico solo se produce por encima de una frecuencia umbral, por debajo de la cual los electrones no adquieren energía suficiente para abandonar la placa y superar la atracción que los mantenía unidos.



Estas ideas supusieron el replanteo del modelo corpuscular. Según este nuevo modelo, la luz estaría formada por una sucesión de partículas de cuantos elementales. Estos corpúsculos o partículas energéticas recibieron el nombre de fotones (tomado del griego phos, que significa luz).

Las controversias entre corpúsculos y ondas han dejado paso, al cabo de los siglos, a la síntesis de la Física actual: **la luz se comporta tanto como onda como corpúsculo**, y se manifiesta de uno u otro modo en función de la naturaleza del fenómeno que se pretende estudiar.