

LOS CIEN AÑOS DE LA MECÁNICA CUÁNTICA

William Cuervo*

1. Introducción

Desde la pantalla de cristal líquido que titila en el radio-reloj de nuestra habitación hasta el láser quirúrgico empleado en una delicada (pero ambulatoria) operación de corrección de miopía, pasando por los microchips, dispositivos electrónicos de tamaño microscópico con los que se construyen los procesadores que controlan cualquier computadora y por lo tanto aparecen a diario en nuestra vida (ellos controlan desde los cajeros electrónicos hasta la operación de un avión), la mecánica cuántica se ha ido filtrando lenta y agazapadamente en la vida cotidiana de cada ser humano. Ella ha dejado de ser dominio exclusivo de los físicos y se ha convertido en una herramienta indispensable para el desarrollo tanto científico como tecnológico. La mecánica cuántica inició su historia hace aproximadamente 100 años, el 14 de diciembre de 1900.

2. Algo de Historia

A finales del siglo XIX el panorama en la física no podía ser más halagador: la mecánica newtoniana y la ley de gravitación universal permitían explicar una gran gama de fenómenos, desde el movimiento de una bicicleta, hasta el desplazamiento de los planetas alrededor del sol. De otra parte, en 1864 el físico inglés James Clarke Maxwell había culminado exitosamente la formulación del electromagnetismo, teoría que permite explicar todos los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos; desde el funcionamiento de un motor eléctrico en una lavadora hasta la reflexión de la luz en un espejo. Al parecer solo quedaban unos pocos e insignificantes fenómenos por explicar y nadie imaginó que precisamente tal explicación iniciaría una revolución científica que cambiaría radicalmente conceptos firmemente establecidos en aquella época. Dentro de los fenómenos arriba mencionados se destaca especialmente la radiación de cuerpo negro.

3. La Radiación de Cuerpo Negro

Cada vez que nuestros ojos observan un cuerpo, innumerables ondas de luz emitidas por el objeto llegan a nuestras pupilas. Estas ondas están caracterizadas por una cantidad

* Físico Universidad Nacional de Colombia, estudios de Maestría en Física Universidad Nacional de Colombia, Auxiliar de Investigación en Agujeros Negros y Mecánica Cuántica, Observatorio Astronómico Nacional. Profesor adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital F.J.C., y catedrático de la Universidad Nacional de Colombia

conocida como la longitud de onda λ , que es la distancia entre dos máximos consecutivos en la ondulación, o equivalentemente por la frecuencia f , número de oscilaciones por unidad de tiempo, que es inversamente proporcional a la longitud de onda λ .

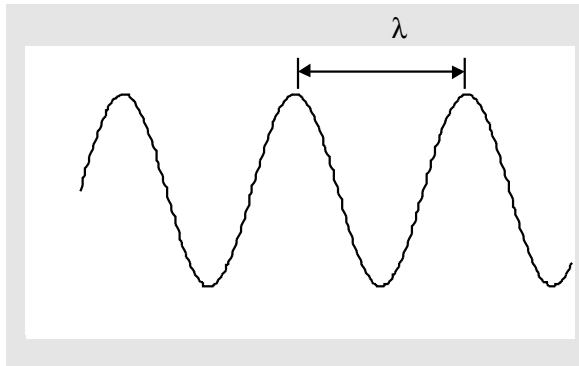


Figura 1. Longitud de Onda

Cada cuerpo emite ondas de luz con longitudes de onda λ diferentes; por ejemplo un objeto azul emite luz preferiblemente con una longitud de onda de 0,000 000 390 metros mientras un objeto rojo lo hace con una longitud de onda casi el doble: 0,000 000 780 (alrededor de 1/100 del espesor de esta hoja) Es por esto que vemos cada cosa de diferente color. Las ondas de luz son sólo un caso particular de radiación electromagnética, que en general son ondas con longitud de onda que no detectamos porque el ojo humano no es apto para esto. Por ejemplo los rayos X, la radiación infrarroja, la ultravioleta, el UHF (ultra high frequency) y el VHF (very high frequency) de la televisión y las ondas de radio son también ondulaciones electromagnéticas que no son captadas por la visión humana.

El tipo de radiación electromagnética que emite un cuerpo también depende fuertemente de su temperatura; así, vemos el color rojo intenso de un carbón al fuego en contraste con el gris oscuro a la temperatura habitual. Los objetos negros, como el carbón radian energía más eficientemente si se calientan. Muchos científicos se dedicaron a finales del siglo XIX a estudiar como radian los cuerpos al calentarlos, especialmente el caso del radia-

dor perfecto, conocido como **cuerpo negro**. Los resultados experimentales ya se conocían; estaban descritos por líneas sólidas de la Figura 2.

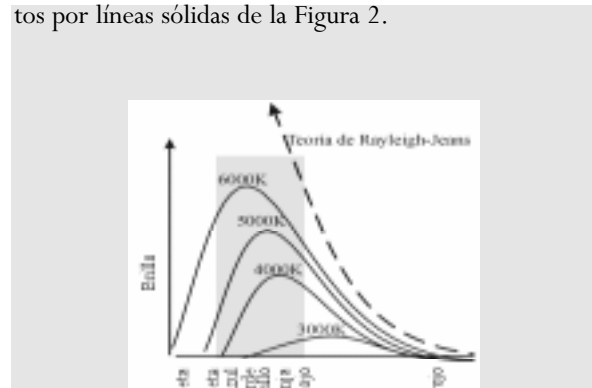


Figura 2. Cantidad de Energía Emitida por un Objeto Radiante a Distintas Longitudes de Onda

Se puede apreciar en la figura que un cuerpo emite radiación de calor preferiblemente en longitudes grandes, es decir, de la región del amarillo hacia el infrarrojo. También se observa que a una temperatura dada la radiación emitida es más intensa a determinada longitud de onda. La superficie del sol, por ejemplo, arde a aproximadamente 6000°. En la gráfica se aprecia que a esa temperatura un cuerpo emite radiación electromagnética en todas las longitudes de onda, pero más intensamente aquella que corresponde al color amarillo; es por eso que vemos al sol amarillento. Un ser vivo, con temperatura de aproximadamente 35° C emite radiación de calor más eficientemente en longitudes de onda $\lambda=000000,94$ metros correspondientes al infrarrojo. Es por esto que se usan lentes infrarrojos en el ejército para detectar personas en la oscuridad.

Desafortunadamente los desarrollos teóricos de la época predecían algo completamente diferente. Según la ley de Rayleigh-Jeans, un cuerpo emitía una cantidad infinita de radiación en la región ultravioleta. Este resultado es conocido como la catástrofe ultravioleta. Si esto ocurriera realmente en la naturaleza entonces cualquier persona se tostaría por la infinita energía radiada por un inofensivo bombillo.

5. Epílogo

h se convirtió con el paso del tiempo en una de las constantes más importantes de la naturaleza, protagonista de primer orden de los desarrollos científicos y tecnológicos del Siglo XX (y seguramente posteriores).

Max Planck recibió el Premio Nobel en 1918 por su explicación de la radiación del cuerpo negro. Se dedicó primordialmente a labores de tipo administrativo como Secretario de la Sección de Matemáticas y Ciencias Naturales de la Academia Prusiana de las Ciencias, posición que ocupó de 1912 a 1943. Fue uno de los pocos científicos alemanes de renombre que, con el propósito de defender lo poco que quedaba de la ciencia alemana, no huyó de su país durante el régimen nazi. Allí se entrevistó personalmente con Hitler para pedirle que detuviera su política racista. Tuvo una vida familiar trágica: su esposa y sus dos hijas murieron tempranamente de enfermedad; su hijo mayor murió en batalla durante la I Guerra Mundial, y su último hijo murió en 1945 brutalmente asesinado por la GESTAPO, al descubrirse que hacía parte de un complot infructuoso para asesinar a Hitler. Planck murió en 1948 a la edad de 89 años en Göttingen.

A partir del descubrimiento de Planck se iniciaron una serie de desarrollos tanto teóricos como experimentales que terminaron en 1926 con la formulación final de la teoría cuántica, resultado conjunto del trabajo de los físicos más brillantes de comienzos de siglo: Planck, Eins-

tein, Bohr, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Born, Pauli, Dirac, etc. Junto con el electromagnetismo, esta es la rama de la física que más ha influido en el desarrollo científico y tecnológico del siglo XX. Ha sido determinante en la explicación de la estructura periódica de los elementos, las propiedades físicas de materiales, el estudio del núcleo y de las partículas elementales, la superconductividad, etc. También se vislumbran aplicaciones tecnológicas importantes como la computación cuántica, y las nanoestructuras.

La radiación de cuerpo negro sigue hoy desempeñando un papel importante en nuestra comprensión de la naturaleza: la radiación cósmica de fondo, una de las huellas sobrevivientes de la gran explosión que originó este universo, gracias a la Misión COBE (Cosmic Background Explorer) ha sido catalogada como una radiación de cuerpo negro casi perfecta a una temperatura de 2.78° por encima del cero absoluto.

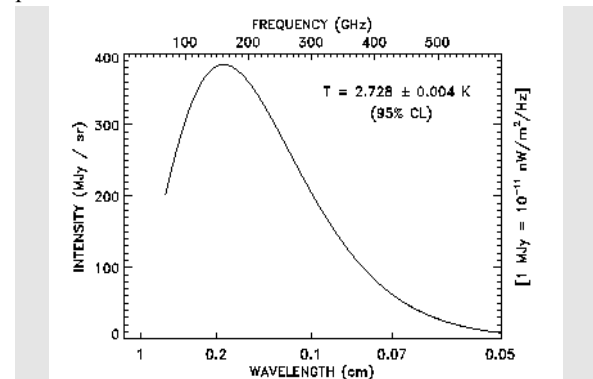


Figura 5. Curva de Emisión de la Radiación Cósmica de Fondo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HECHT, E., *Física en Perspectiva, Addison-Wesley Iberoamericana, 1987 Washington, USA, 1987*
- JAMMER, J., *The Philosophy of Quantum Mechanics, John Wiley & Sons, USA, 1974*
- MICROWAVE ANISOTROPE PROBE (MAP) *Página en Internet <http://map.gsfc.nasa.gov/html/cbr.html>*
- ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA ONLINE *<http://www.britannica.com/>*