

La mecánica cuántica: la incertidumbre como principio



VOL. III COLECCIÓN C:1 - C10

CARLOS MARIO MORENO

Columnista RHI.

Filósofo de la Universidad El Bosque, Bogotá-Colombia.

Los comienzos de la mecánica cuántica

En la mecánica clásica de Newton se consideraba, hasta principios del siglo XIX, que la luz estaba constituida por corpúsculos. Pero, esta teoría siempre fue cuestionada por el físico Huygens que propuso la teoría en que la luz se propagaba mediante ondas mecánicas emitidas por un foco luminoso (una bombilla, por ejemplo). Los científicos de la época del siglo XX no alcanzaban a explicar, bajo la teoría corpuscular de la luz, cómo es que los rayos luminosos no pasaban por el orificio de una rendija con una trayectoria recta o lineal, sino que este orificio se comportaba como un nuevo originador de luz. Algo había en el comportamiento de los rayos de luz que no encajaba con la concepción corpuscular de la luz. Considerar a la luz como partículas o corpúsculos era inadecuado para explicar

que dos rayos luminosos, al incurrir en un punto, pudieran originar oscuridad.

Lo anterior llegó a conocerse como el problema de la difracción de la luz. La difracción es un fenómeno que ocurre cuando las ondas que forman la luz atraviesan un orificio, ya que estas se deforman y a partir de ese punto no avanzan en forma de haz; sino que se dispersan debido a que el orificio actúa como un nuevo emisor (Rae, 1998). Así que la mayoría de los físicos concluyeron que, la luz no es corpuscular porque no pasa derecho por las rendijas, sino que se dispersa (efecto de dispersión).

Para que una onda se propague necesita un medio material para hacerlo, por ejemplo, las ondas del sonido o las ondas sobre el agua. De igual manera, si la luz es una onda .

necesita un medio material para propagarse. Al principio, se creía que este medio sobre el cual la luz se propagaba era el éter, que lo llenaba todo. Empero, en la física newtoniana se aceptaba la existencia de espacios vacíos, lo que resultaba problemático para la teoría del éter puesto que, si hay espacios vacíos significa que no hay éter en estos espacios y estaba demostrado por los experimentos científicos de la *Royal Society* que la luz podía propagarse a través del vacío. Entonces, ¿cómo podía una onda, como la luz, ser transmitida desde el Sol a la Tierra si existía un vacío entre ellos?

Esa pregunta fue resuelta por el trabajo científico de James C. Maxwell quien consideraba a la luz como una onda electromagnética. Así, Maxwell a través de sus ecuaciones unificaba los campos de fuerza eléctrica y magnética para postular que la luz era una onda que estaba formada de este tipo de campos. El campo electromagnético fue considerado por Maxwell como un tipo de entidad que podía ser transmitida a través de un vacío genuino. De esa manera explicaba la transmisión de la luz desde el Sol a la Tierra.

Por otro lado, Max Planck había desarrollado sus investigaciones referentes a la manera en que la materia y la luz intercambiaban energía. Para ese momento de la historia, la física clásica contemplaba que la única forma en que podía darse ese intercambio de energía era a través de un flujo continuo. Sin embargo, Planck postuló que este intercambio se da solo en paquetes discretos, siendo la energía de cada paquete igual a una constante fija, que él propuso, multiplicada por la frecuencia de la luz.

A esta ecuación matemática se le conoció como la constante de Planck: “la cantidad de energía contenida en la luz de cualquier frecuencia específica podía solamente ser un múltiplo de la unidad fundamental de energía para esa frecuencia concreta” (Randall, 108). Esto estaba en fuerte contradicción con las suposiciones habituales de la teoría ondulatoria, a saber, que la luz y la materia podían intercambiar energía en cualquier cantidad y a cualquier frecuencia (Sklar, 1994).

Uno de los primeros experimentos que demostró que Planck estaba en lo correcto fue el efecto fotoeléctrico. Este experimento desarrollado por Albert Einstein consistía en disparar unos rayos de luz sobre un metal ubicado en el vacío y como resultado el metal expulsa electrones que pudieron ser detectados a través de una placa colectora fotográfica. Según Randall, “Einstein hizo una aportación importante a la teoría cuántica al establecer que los cuantos de luz eran entes reales, y no meras abstracciones matemáticas” (Randall, 111). Con este experimento y las aportaciones de Planck, se comprobaba que la luz también se comporta como partículas que se denominaron “cuanto” o “fotones”.

Por lo tanto, ahora tenemos dos modelos, comprobados ambos a través de experimentos científicos. La luz se comporta como una onda electromagnética, no obstante, también lo hace como partículas. ¿Es posible reconciliar estos dos modelos de la teoría de la luz? Planck y Einstein no estaban conformes con estas conclusiones debido a que no encajaban dentro del determinismo de la física clásica.

El físico francés Louis de Broglie trató de resolver este dilema entre los dos modelos acerca de la luz. Lo que planteó Broglie es que las partículas también podían comportarse como ondas. Basado en Einstein y Planck, de Broglie concluyó que del hecho de que la luz manifieste propiedades de partículas y también ondulatorias es porque el electrón es una dualidad de onda-partícula. Estos dos modelos no son opuestos sino complementarios. Igualmente, el físico danés Niels Bohr propuso que los electrones actúan como ondas, “[d]ecidió que era preciso que los electrones actuaran como si fueran ondas, lo que implicaba que oscilaban hacia arriba y hacia abajo al ir circulando en torno al núcleo” (Randall, 115).

El movimiento de los electrones en un átomo da como resultado la emisión de luz por el átomo. Pero el patrón de frecuencia de la luz emitida, el denominado espectro del átomo, es muy diferente al que se esperaría en las situaciones clásicas. El cambio de energía en el átomo llevaba asociado la emisión o absorción de luz de una frecuencia asociada con dicha energía por la regla de Planck. (Sklar, 1994)

Hasta aquí solo tenemos experimentos científicos y postulados, pero para ese momento no había enunciados matemáticos, expresiones matemáticas o formalismos que describieran la posibilidad de que la luz tenga un aspecto corpuscular y ondulatorio. Erwin Schrödinger encontró la ecuación apropiada cuyas soluciones representarían la descripción del comportamiento de un sistema cuántico. Al conocer las fuerzas que actúan sobre el electrón en una situación, se podría calcular

con esta ecuación la trayectoria futura de este electrón. La función de onda arroja la probabilidad en la que un electrón alcance una posición concreta. El electrón podría ir a cualquier sitio, pero sólo hemos de esperar encontrarlo en un punto concreto con una probabilidad definida que viene dada por el valor de la función de onda en ese punto (Sklar, 1994). Pero, al medir la partícula tenemos un solo resultado de entre todas las posibilidades que había para encontrar la partícula en cualquier otro estado. La medición suscita que la ecuación de Schrödinger colapse en un único resultado.

Todos los eventos anteriores descritos registran que el principio de incertidumbre ha devenido presente en todo el nacimiento de la teoría cuántica hasta que Heisenberg se propuso formalizar y plantear este principio como regente en la física cuántica. El principio de incertidumbre de Heisenberg sostiene que toda medida de una propiedad en un sistema cuántico imposibilita la medición simultánea de otra variable o propiedad complementaria a esta, en el mismo sistema. Es decir, que no es posible determinar en una misma medición, a un sistema cuántico, dos variables complementarias.

Según este principio, cualquier magnitud individual puede ser medida con precisión. Sin embargo, el principio de incertidumbre indica que, después de hacer la medición, no podemos saber nada sobre la otra magnitud relacionada con la que ya se midió. Tendríamos una incertidumbre para saber con precisión el valor de esa otra magnitud. Así que podríamos expresarlo de la siguiente manera: “cuanto más exactamente conozcamos una de las magnitudes, menos

precisa tiene que ser la medición de la otra”
(Sklar, 1994).

Referencias:

Rae, Alastair. *Física cuántica ¿ilusión o realidad?*. Traducido por Miguel Ferrero Melgar. Alianza Editorial: Madrid, 1998

Randall, Lisa. *Universos ocultos. Un viaje a las dimensiones extras del cosmos*. Traducido por Eugenio Jesús Gómez. EpubLibre, 2005.

Sklar, Lawrence. *Filosofía de la física*. Traducido por Rosa Álvarez Ulloa. Alianza Editorial: Madrid, 1994.