

# La rareza cuántica de la luz como onda y partícula

Dos nuevos experimentos observan por primera vez la propiedad dual de los fotones simultáneamente

Alicia Rivera Madrid 13 NOV 2012 - 19:30 CET3



Ilustración inspirada en el artista Maurits Cornelis Escher que muestra la mutación de comportamiento del fotón como onda y partícula. / Alberto Peruzzo / Peter Shadbolt / Nicolas Brunner / Jamie Simmonds

La luz es una onda que se propaga como las olas del mar? Si, al fin y al cabo, los distintos colores de la luz se expresan como distintas longitudes de onda, más corta la azul, más larga la roja... ¿Pero no es también una partícula, como muestra el hecho de que el fotón, la partícula de luz, interacciona como un objeto cuando golpea a otro objeto, ya sea otra partícula u otro átomo? La respuesta está en la mecánica cuántica, la teoría desarrollada en el siglo XX que describe con asombroso éxito y precisión el mundo microscópico y que resulta igualmente asombrosa por sus reglas contrarias a menudo a la intuición. La luz es a la vez onda y partícula. Numerosos experimentos se han hecho a lo largo de los años que demuestran esta rara dualidad y en los que los fotones son ondas o son partículas dependiendo del aparato con que se mida. Ahora dos equipos científicos, uno de la Universidad de Bristol (Reino Unido) y otro del CNRS francés, han

hecho dos audaces experimentos en que han logrado medir simultáneamente la mutación de la luz entre onda y partícula.

La cuestión viene de lejos, de mucho antes de convertirse en uno de los pilares de la mecánica cuántica. Isaac Newton, en el siglo XVII, con sus experimentos de óptica, definió la luz como partículas de diferentes colores. Para otro sabio, Christiaan Huygens, la luz eran ondas, como las olas en el agua. La balanza se decantó después en el mundo de la física a favor de las ondas, con el sobresaliente éxito de James Clerk Maxwell y su teoría del electromagnetismo. Albert Einstein y la mecánica cuántica, ya en el siglo XX, zanjaron la cuestión, pero de la forma más rara: la luz es a la vez onda (electromagnética) y partícula (el fotón, o cuanto de energía, como postuló Einstein). Esta dualidad, además, no se limita a la luz en el mundo cuántico, ya que también se verifica en otras partículas, como el electrón, o incluso en átomos enteros.

“La mecánica cuántica predice con notable precisión el resultado de experimentos con objetos pequeños, como átomos y fotones. Sin embargo, cuando se observan más de cerca esas predicciones, nos vemos obligados a admitir que desafían nuestra intuición”, escribían recientemente Alberto Peruzzo y sus colegas de la Universidad de Bristol, en la revista *Science*, al presentar los resultados de su experimento con un nuevo tipo de aparato de medida.

Cuando un fotón se observa, se comporta como una partícula o como una onda, explican los científicos de Bristol, pero ambos aspectos nunca se habían observado simultáneamente hasta estos experimentos —dicen—, ya que la exhibición de uno u otro comportamiento depende del tipo de medida. Ellos han ideado y construido un ensayo que mide ambos comportamientos simultáneamente.

“Dos rayos de luz interfieren de modo muy parecido al de las ondas sonoras emitidas por dos altavoces estéreo, por ejemplo. Por otra parte, la luz interactúa con la materia como solo pueden hacerlo las partículas, como sucede en el efecto fotoeléctrico”, recalca el físico Amir D. Aczel en su libro *Entrelazamiento*. “Esta dualidad —y aparente paradoja— es uno de los pilares de la física moderna”.

El truco cuántico es otra predicción extraña de esta teoría física y es que una partícula, como un fotón, puede estar en diferentes sitios a la vez (en infinitos sitios, de hecho) al mismo tiempo, y de ahí su comportamiento como onda.

Lo que Peruzzo y sus colegas han hecho en su laboratorio es un dispositivo que aprovecha otra característica cuántica —contraria a la intuición— de las partículas: el entrelazamiento, en este caso de los fotones. Por este efecto, dos partículas de un mismo sistema (como dos electrones de un átomo) comparten propiedades independientemente de a qué distancia lleguen a estar una de otra. Así, un cambio en una se manifiesta automáticamente en la otra por este efecto cuántico del entrelazamiento. Es, dice el experto Ignacio Cirac, como si dos fotones estuvieran unidos por un hilo y cuando tiras de uno se mueve el otro... pero sin hilo y sin límite de distancia.

El experimento de Bristol se basa conceptualmente en un célebre experimento teórico propuesto en los años ochenta por John Wheeler, que dice, básicamente, que es el acto de observar un fotón lo que determina si se comportará como partícula o como onda. Peruzzo y sus colegas, en su laboratorio, entrelazan dos fotones y alternan en uno de ellos el método de medida (como onda o como partícula) para explorar en el otro la continua mutación del otro entre su comportamiento dual. Su conclusión es que “el fotón se comporta simultáneamente como onda y como partícula, lo que refuta los modelos en que es una u otra”, explica Peruzzo.

Por su parte, los científicos del CNRS (Centro Nacional de Investigación Científica de Francia), liderados por Florian Kaiser, también han llevado a su laboratorio una versión del experimento de Wheeler con un enfoque similar, aunque con equipos diferentes y su conclusión es la misma: observan un fotón colocado en un dispositivo denominado interferómetro y el otro, el entrelazado, les permite determinar el comportamiento que muestra, como onda, como partícula o como algo intermedio.

Jeremy L. O'Brien, director del Centro de Fotónica Cuántica de la Universidad de Bristol, explica en un comunicado de dicha institución que para esta investigación han utilizado una nueva tecnología desarrollada por ellos que es un chip cuántico reconfigurable, por lo que pueden programarlo y controlarlo para formar diferentes circuitos. “Esta tecnología es un enfoque avanzado en la investigación para construir un computador cuántico y en el futuro permitirá realizar nuevos estudios más sofisticados de los aspectos fundamentales de los fenómenos cuánticos”.