

Descubren un vínculo sorpresa entre los extraños fenómenos cuánticos

Una investigadora de la Universidad Nacional de Singapur y otro de la Universidad de Cambridge (Reino Unido) relacionan esta semana en *Science* dos conceptos fundamentales y aparentemente contradictorios de la mecánica cuántica: la incertidumbre y la no-localidad, de tal forma que el primero establece límites al segundo.

SINC

18/11/2010 20:00 CEST



Forzar la no-localidad cuántica requeriría que se quebrantara el principio de incertidumbre, pero luego no habría forma de saber lo que se desencadenaría. Imagen: Frans Bartels/Haw Jing Yan.

El principio de incertidumbre de Heisenberg establece que ciertas medidas en una partícula, como su posición y el momento lineal, no se pueden predecir a la vez. Respecto a la no-localidad, que Einstein denominó "acción fantasmal a distancia", las mediciones realizadas en uno de los dos sistemas entrelazados, que están separados en el espacio, pueden influir en el otro. Dos científicos han descubierto ahora un vínculo fundamental entre las dos propiedades que definen la física cuántica.

La investigadora Stephanie Wehner, del Centro de Tecnología Cuántica de Singapur y de la Universidad Nacional de Singapur, y Jonathan Oppenheim, de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), publican esta semana su trabajo en el último número de la revista *Science*.

El resultado se anuncia como un avance espectacular en el conocimiento básico de la mecánica cuántica, y proporciona nuevas pistas a los investigadores que buscan comprender los fundamentos de la teoría cuántica. El resultado se refiere a la pregunta de por qué el comportamiento cuántico es tan raro como es, pero no más.

El extraño comportamiento de las partículas cuánticas, como los átomos, los electrones y los fotones que componen la luz, ha dejado perplejos a los científicos durante casi un siglo. Albert Einstein se cuenta entre los que pensaban que el mundo cuántico era tan extraño que la teoría cuántica debía de estar equivocada, pero los experimentos han confirmado las predicciones de la misma.

Uno de los aspectos extraños de la teoría cuántica es que es imposible saber ciertas cosas, como el momento de una partícula y su posición al mismo tiempo. El conocimiento de una de estas propiedades afecta a la precisión con la que se puede aprender de la otra: el citado "principio de incertidumbre de Heisenberg".

El otro aspecto extraño es el fenómeno cuántico de la no-localidad, que se deriva del más conocido fenómeno del entrelazado. Cuando dos partículas cuánticas se entrelazan, pueden realizar acciones en las que pareciera que

estuvieran coordinadas entre sí en formas que desafían la intuición clásica acerca de las partículas separadas físicamente.

La incertidumbre determina la “cantidad” de no-localidad

Anteriormente, los investigadores han tratado la no-localidad y la incertidumbre como dos fenómenos separados. Ahora, Wehner y Oppenheim han demostrado que se hallan estrechamente vinculados. Y, lo que es más, muestran que este vínculo es cuantitativo y han encontrado una ecuación que muestra que la “cantidad” de la no-localidad se halla determinada por el principio de incertidumbre.

“Es un giro sorprendente y tal vez irónico —dice Oppenheim, investigador de la Royal Society University del Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica en la Universidad de Cambridge. Einstein y sus colegas descubrieron la no-localidad mientras buscaban una manera de socavar el principio de incertidumbre”. Ahora, el principio de incertidumbre parece estar mordiendo la lengua”.

La no-localidad determina hasta qué punto dos partes distantes pueden coordinar sus acciones sin tener que enviarse información entre ellas. Los físicos creen que, incluso en la mecánica cuántica, la información no puede viajar más rápido que la luz. Sin embargo, resulta que la mecánica cuántica permite que dos partes se coordinen mucho mejor de lo que sería posible en virtud de las leyes de la física clásica. De hecho, sus acciones se pueden coordinar de manera que casi parece como si hubieran sido capaces de hablar. Einstein acuñó el famoso término “acción fantasmal a distancia” para referirse a este fenómeno.

Sin embargo, la no-localidad cuántica podría ser incluso más extraña de lo que realmente es. Se pueden concebir teorías que permitan a las partes distantes coordinar sus acciones mucho mejor de lo que la naturaleza permite, pero sin permitir que la información viaje más rápido que la luz. La naturaleza puede ser más extraña, y, sin embargo, no lo es: la teoría cuántica parece imponer un límite adicional a la extrañeza.

“La teoría cuántica es bastante rara, pero no es tanto como lo podría ser. Realmente, tenemos que preguntarnos por qué la mecánica cuántica está

así de limitada, por qué no permite la naturaleza que se dé una no-localidad aún más fuerte”, sostiene Oppenheim.

Respuestas y piratas informáticos

El sorprendente resultado de Wehner y Oppenheim es que el principio de incertidumbre proporciona una respuesta. Dos partes solo pueden coordinar mejor sus acciones si quebrantan el principio de incertidumbre, el cual impone una estricta obligación sobre hasta qué punto puede ser fuerte la no-localidad.

“Sería fantástico si se pudieran coordinar mejor nuestras acciones en largas distancias, ya que nos permitiría resolver muchas de las tareas de procesamiento de información de manera muy eficiente —dice Wehner—. Sin embargo, la física sería radicalmente diferente. Si quebrantáramos el principio de incertidumbre, no habría forma de saber realmente cómo sería nuestro mundo”.

¿Cómo han descubierto los investigadores una conexión que había pasado desapercibida tanto tiempo? Antes de entrar en la academia, Wehner trabajó como “pirata informática de alquiler”, y ahora trabaja en la teoría cuántica de la información, mientras que Oppenheim es físico. Wehner piensa que la aplicación de las técnicas de la informática a las leyes de la física teórica fue la clave para detectar la conexión. “Creo que una de las ideas fundamentales es vincular la cuestión a un problema de codificación —dice Wehner—. Las formas tradicionales de ver la no-localidad y la incertidumbre ocultaron la estrecha relación entre ambos conceptos”.

Wehner y Oppenheim han refundido los fenómenos de la física cuántica en términos que le resultarían familiares a un pirata informático. Tratan la no-localidad como el resultado de una parte, Alice, que crea y codifica la información, y una segunda, Bob, que recupera la información de la codificación. Hasta qué punto pueden Alice y Bob codificar y recuperar la información está determinado por las relaciones de incertidumbre. En algunas situaciones, se encontraron con que una tercera propiedad, que se conoce como «dirección», entra en escena.

Los dos investigadores comparan su hallazgo con descubrir lo que

determina la facilidad con que dos jugadores pueden ganar un juego de mesa cuántico: el tablero tiene solo dos casillas, en el que Alice, puede colocar una ficha de dos posibles colores: verde o rosa. Se le dice que coloque el mismo color en ambas casillas, o que coloque un color diferente en cada una. Bob tiene que adivinar el color que Alice colocó en la casilla uno o dos. Si acierta, Alice y Bob ganan el juego.

Alice y Bob tratan de ganar la partida

Es evidente que Alice y Bob podrían ganar la partida si pudieran hablar entre sí: bastaría con que Alice le dijera a Bob qué colores están en las casillas uno y dos. Pero Bob y Alice se encuentran tan lejos el uno del otro que la luz —y, por lo tanto, una señal que lleve información— no tiene tiempo para pasar entre ellos durante la partida.

Si no pueden hablar, no siempre podrán ganar; pero, al medir las partículas cuánticas, pueden ganar la partida con más frecuencia que con cualquier estrategia que no se base en la teoría cuántica. No obstante, el principio de incertidumbre les impide hacer nada mejor, e incluso determina con qué frecuencia perderán el juego.

El hallazgo conduce a la cuestión profunda de cuáles son los principios que subyacen tras la física cuántica. Muchos de los intentos por comprender los fundamentos de la mecánica cuántica se han centrado en la no-localidad. Wehner cree que se podría obtener aún más del examen de los detalles del principio de incertidumbre. “Sin embargo, apenas hemos arañado la superficie de la comprensión de las relaciones de incertidumbre”, comenta.

El avance está a prueba de futuro, dicen los investigadores. Los científicos todavía están en busca de una teoría cuántica de la gravedad, y Wehner y el resultado de Oppenheim relativo a la no-localidad, la incertidumbre y la dirección se aplica a todas las teorías posibles (incluida la futura sustitución de la mecánica cuántica).

Referencia bibliográfica:

J. Oppenheim y S. Wehner. "The Uncertainty Principle Determines the Nonlocality of Quantum Mechanics". *Science* 330, 19 de noviembre de 2010.

Derechos: **Creative Commons**

Creative Commons 4.0

Puedes copiar, difundir y transformar los contenidos de SINC. [Lee las condiciones de nuestra licencia](#)