

Computación cuántica: frágil y sin embargo libre de errores

Una colaboración estrecha entre un grupo de físicos españoles y austríacos ha codificado un bit cuántico en estados entrelazados de varias partículas y, por primera vez, ha conseguido realizar con éste computaciones sencillas. El registro cuántico de siete componentes podría servir como módulo básico para un ordenador cuántico que pueda corregir todo tipo de errores. Los científicos presentan sus resultados en la revista *Science*.

Los ordenadores también son susceptibles a errores. Pequeñas perturbaciones pueden modificar la información y falsear el resultado del cálculo. Por ello, en los ordenadores se utilizan procedimientos específicos con los cuales continuamente se pueden detectar y corregir errores. Un futuro ordenador cuántico también necesitará una corrección de errores: "Los fenómenos de la física cuántica son muy frágiles y susceptibles a perturbaciones, y los errores se pueden propagar rápidamente y desestabilizar un ordenador", dice Thomas Monz, miembro del grupo de investigación de Rainer Blatt en el Instituto de Física Experimental de la Universidad de Innsbruck. Junto con Markus Müller y Miguel Ángel Martín-Delgado, del Departamento de Física Teórica I de la Universidad Complutense de Madrid, los físicos de Innsbruck han desarrollado y comprobado en el laboratorio un nuevo método de corrección de errores. "Un bit cuántico no sólo es muy complejo y no puede ser copiado, sino que además los errores en el mundo cuántico son más variados y difíciles de combatir que en los ordenadores de hoy en día", enfatiza Monz. "Para poder detectar y corregir errores en un ordenador cuántico es necesario recurrir a sofisticados códigos cuánticos de corrección de errores." El código usado en el experimento actual fue propuesto y desarrollado por el Grupo de Información y Computación Cuántica (GICC) de Martín-Delgado en Madrid. El código distribuye los bits cuánticos en una red bidimensional en la que éstos pueden interactuar con las partículas vecinas.

Un bit cuántico repartido

En el laboratorio de la Universidad de Innsbruck, los físicos utilizan una trampa de iones en la que atrapan siete átomos de calcio. Éstos, mediante láseres, se enfrían hasta casi alcanzar el punto cero de temperatura, y pueden ser controlados con alta precisión. Los investigadores almacenan los estados cuánticos frágiles del bit cuántico lógico en los estados entrelazados de estas partículas, y es justamente el código cuántico de corrección de errores el que proporciona el programa que lo hace robusto. "Por la elevada complejidad del estado cuántico, codificar el bit cuántico lógico en estos siete bits cuánticos ha sido un verdadero desafío experimental", comenta Daniel Nigg del grupo de investigación de Rainer Blatt. Los físicos realizaron la codificación en tres pasos, en cada uno de los cuales aplicaron una secuencia compleja de pulsos de láser para entrelazar grupos de cuatro bits cuánticos vecinos. "Con esto se ha conseguido por primera vez utilizar siete átomos de manera controlada para almacenar un único bit cuántico", cuenta Markus Müller entusiasmado, que en el año 2011 se trasladó de Innsbruck a la Universidad Complutense de Madrid. "Estos átomos, entrelazados de esta forma específica, proporcionan suficiente información para sucesivas correcciones de errores y computaciones cuánticas."

Computación sin errores

En el siguiente paso, los físicos comprobaron la posibilidad de detectar y corregir los diferentes tipos de errores. "Hemos conseguido demostrar en el experimento que en este sistema cuántico se pueden detectar y corregir de manera independiente, y para cada una de las partículas, todos los posibles tipos de errores", cuenta Daniel Nigg. "Para ello, sólo necesitamos información sobre las correlaciones entre las partículas, en vez de medidas de

las partículas individuales", explica Esteban Martínez, colega experimental de Nigg. Los físicos no sólo lograron detectar los errores; por primera vez también consiguieron realizar pasos computacionales básicos, e incluso ejecutar secuencias de cómputo más largas en un bit cuántico codificado de esta forma. Una vez superado el obstáculo de la laboriosa codificación, sólo se requieren manipulaciones en bits cuánticos individuales para llevar a cabo las operaciones computacionales. "Este código cuántico nos permite por primera vez realizar computaciones cuánticas elementales y al mismo tiempo corregir todo tipo de posibles errores", explica Thomas Monz, comentando este importante avance hacia el desarrollo de un ordenador cuántico viable y tolerante a errores.

Una base para futuros desarrollos

La línea desarrollada entre los físicos españoles y austríacos constituye una base prometedora para futuras investigaciones. "El modelo de los siete átomos, empleado para el almacenamiento de un bit cuántico lógico, puede servir como módulo fundamental para sistemas cuánticos mucho más grandes", dice el físico teórico Müller. "Cuanto más grande es la red de bits cuánticos, más robusta se hace. Al final de este desarrollo podría estar un ordenador cuántico, capaz de ejecutar computaciones arbitrariamente largas, sin que le afecten errores". Sin embargo, este experimento no sólo abre nuevas perspectivas para futuros desarrollos tecnológicos. "También se presentan nuevos desafíos metodológicos, entre ellos por ejemplo la cuestión de cómo caracterizar estos bits cuánticos lógicos tan grandes", comenta Rainer Blatt, pensando en el futuro. "Juntos ya estamos trabajando en diversas mejoras de los códigos cuánticos empleados, y en su optimización para computaciones cuánticas aun más extensas", añade Martín-Delgado.

El proyecto ha sido financiado por varias instituciones, entre ellas el Ministerio de Economía y Competitividad de España, el programa "Quantum Information Technologies in Madrid (QUITEMAD)" de la Comunidad de Madrid, el Austrian Science Fund (FWF), la Comisión Europea (PICC), la Industria Tirolesa, y el Gobierno de los EEUU.

Publicación: Quantum Computations on a Topologically Encoded Qubit. Daniel Nigg, Markus Müller, Esteban A. Martinez, Philipp Schindler, Markus Hennrich, Thomas Monz, Miguel Angel Martin-Delgado, and Rainer Blatt. Science (Published Online June 12, 2014)

DOI: 10.1126/science.1253742

Contacto:

Thomas Monz
Institut für Experimentalphysik
Universität Innsbruck
Tel.: +43 512 507 52452
E-Mail: thomas.monz@uibk.ac.at

Markus Müller
Departamento de Física Teórica I
Universidad Complutense Madrid
Tel.: +34 91 394 4569
E-Mail: mueller@ucm.es

Christian Flatz