

Entrelazamiento "caliente y desordenado" de 15 billones de átomos

En un estudio publicado en Nature Communications, los investigadores de ICFO, HDU y UPV logran producir un estado entrelazado gigante que podría ayudar a los investigadores médicos a detectar señales magnéticas extremadamente débiles del cerebro.

Barcelona, 15 de Mayo, 2020

El entrelazamiento cuántico es un proceso mediante el cual los objetos microscópicos, como los electrones o los átomos, pierden su individualidad para coordinarse mejor entre ellos. El entrelazamiento está en el corazón de las tecnologías cuánticas, las cuales prometen grandes avances en campos como la informática, las comunicaciones y la detección, por ejemplo, de ondas gravitacionales.

Los estados entrelazados son reconocidos por su fragilidad: en la mayoría de los casos, incluso una pequeña perturbación podría deshacer el entrelazamiento. Por esta razón, las tecnologías cuánticas actuales requieren de un gran esfuerzo para aislar los sistemas microscópicos con los que se trabaja y, por lo general, funcionan a temperaturas cercanas al cero absoluto. Sin embargo, el equipo de ICFO ha logrado calentar una colección de átomos a 450 grados Kelvin, es decir, millones de veces más calientes que la mayoría de los átomos utilizados por las tecnologías cuánticas. Además, los átomos individuales quedaron cuanto menos aislados; chocaban entre sí cada pocos microsegundos, y cada colisión causaba que sus electrones giraran en direcciones aleatorias.

Los investigadores utilizaron un láser para controlar la magnetización de este gas caliente y caótico. Esta magnetización es causada por los electrones que giran en los átomos, y proporciona una forma de estudiar el efecto de las colisiones y detectar entrelazamientos. Lo que los investigadores observaron fue una enorme cantidad de átomos entrelazados, aproximadamente 100 veces más de los observados hasta ahora. El equipo también observó que el entrelazamiento que se produce no es local, sino que involucra átomos que no están cerca el uno del otro. Entre dos átomos entrelazados hay miles de otros átomos, muchos de los cuales están entrelazados con otros átomos, en un estado entrelazado gigante, caliente y desordenado.

Los investigadores también se percataron de que, tal y como recuerda Jia Kong, primera autora del estudio, *"si detenemos la medición, el entrelazamiento permanece durante aproximadamente 1 milisegundo, lo que significa que 1000 veces por segundo se está generando un nuevo lote de 15 billones de átomos entrelazados. Y se ha de pensar que 1 ms es un tiempo muy largo para los átomos, lo suficiente como para que ocurran aproximadamente cincuenta colisiones aleatorias. Esto muestra que, claramente, el entrelazamiento no es destruido por estos eventos aleatorios. Este es quizás el resultado más sorprendente del trabajo"*.

La observación de este estado entrelazado caliente y desordenado allana el camino para la detección de campos magnéticos ultrasensibles. Por ejemplo, en la magnetoencefalografía (imágenes magnéticas del cerebro), una nueva generación de sensores utiliza estos mismos gases atómicos de alta densidad para detectar los campos magnéticos producidos por la actividad cerebral. Los nuevos resultados muestran que el entrelazamiento puede mejorar la sensibilidad de esta técnica, que tiene aplicaciones en la ciencia fundamental del cerebro y neurocirugía.

Como afirma Morgan Mitchell, profesor ICREA en ICFO, *"este resultado es sorprendente, una desviación real de lo que se esperaba del entrelazamiento"*. Agrega *"esperamos que este tipo de estado entrelazado gigante conduzca a un mejor rendimiento de sensores en aplicaciones que van desde imágenes del cerebro, hasta coches autónomos y la búsqueda de materia oscura"*.

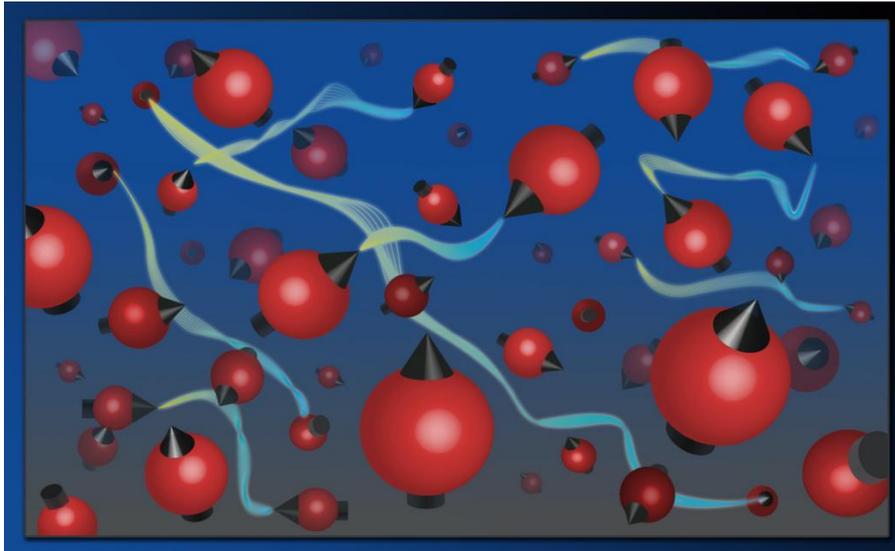
Un Spin Singlet y QND

Un spin singular es una forma de entrelazamiento en el que los spins de muchas partículas (su momento angular intrínseco) suman 0, lo que significa que el sistema tiene un momento angular total de cero. En este estudio, los investigadores aplicaron la medición cuántica de no demolición (QND) para extraer la información del spin de billones de átomos. La técnica utiliza fotones de un láser con una energía específica y los hace atravesar la nube del gas de átomos en cuestión. Estos fotones con esta energía precisa no excitan a los átomos, pero ellos mismos se ven afectados por el encuentro. Los spins de los átomos actúan como imanes para rotar la polarización de la luz. Al medir cuánto ha cambiado la polarización de los fotones después de pasar a través de la nube, los investigadores pueden determinar el spin total del gas de átomos.

El régimen SERF

Los magnetómetros actuales operan en un régimen llamado SERF, lejos de las temperaturas cercanas al cero absoluto que los investigadores suelen emplear para estudiar los átomos entrelazados. En este régimen, cualquier átomo experimenta muchas colisiones aleatorias con otros átomos vecinos, lo que hace que las colisiones sean el efecto más importante sobre el estado del átomo. Además, debido a que están en un medio caliente, en vez de estar en uno ultra frío, las colisiones rápidamente generan una aleatoriedad en el spin de los electrones de cualquiera de los átomos. El experimento demuestra, sorprendentemente, que este tipo de perturbación no rompe los estados entrelazados, simplemente pasa el entrelazamiento de un átomo a otro.

Reference: 10.1038/s41467-020-15899-1



Leyenda: Ilustración artística de una nube de átomos con pares de partículas entrelazadas entre sí, representados por las líneas amarillo-azul. Crédito de la imagen: © ICFO



Leyenda: Imagen de la celda de vidrio donde se mezcla el metal de rubidio con gas nitrógeno y se calienta hasta 450 grados Kelvin. A esa temperatura alta, el metal se vaporiza, creando átomos de rubidio libres que se difunden dentro de la célula. Crédito de la imagen: © ICFO

Sobre ICFO

ICFO fue fundado por el Gobierno de Cataluña y la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), los cuales son miembros de su consejo de administración junto con las Fundaciones Cellex y Mir-Puig, entidades filantrópicas que han desempeñado un papel fundamental en el avance del instituto. Ubicado en el Parque Tecnológico del Mediterráneo en el área metropolitana de Barcelona, el instituto actualmente alberga a más de 400 personas, organizadas en 25 grupos de investigación en 60 laboratorios de investigación de vanguardia. Las líneas de investigación abarcan diversas áreas en las que la fotónica desempeña un

papel decisivo, con énfasis en temas básicos y aplicados relevantes para la medicina y la biología, técnicas de imagen avanzadas, tecnologías de la información, una gama de sensores ambientales, láseres sintonizables y ultrarrápidos, ciencia cuántica, fotovoltaica y las propiedades y aplicaciones de nanomateriales como el grafeno, entre otros. Además de dos acreditaciones de excelencia otorgadas por Severo Ochoa, los ICFOñianos han conseguido 15 cátedras ICREA y 37 subvenciones del Consejo Europeo de Investigación. ICFO es proactivo en el fomento de actividades empresariales, la creación de spin-off y la creación de colaboraciones y vínculos entre la industria y los investigadores de ICFO. Hasta la fecha, ICFO ha ayudado a crear 7 nuevas empresas.

Sobre HDU

La Universidad Hangzhou Dianzi se encuentra en Hangzhou, una de las ciudades más dinámicas del área del delta del río Yang-tse y la ciudad capital de la provincia de Zhejiang, una de las provincias más prósperas de China con un fuerte crecimiento económico, vitalidad y potencial. La Universidad Hangzhou Dianzi (HDU) fue fundada en 1956. Es una universidad integral y una de las 5 mejores universidades con sus propias características distintivas en el campo de la ciencia y tecnología electrónica, ingeniería y tecnología de la información, así como gestión y contabilidad, etc. HDU tiene más de 25,000 estudiantes y más de 2300 miembros del personal. Cuenta con 21 escuelas e institutos de investigación que ofrecen 59 programas de pregrado, 93 programas de posgrado y 6 programas de doctorado en ciencias, ingeniería, gestión, economía, literatura, derecho, educación y arte, junto con múltiples disciplinas interactivas y especialidades. HDU ha establecido con éxito relaciones con socios y desarrollado muchos tipos de programas cooperativos internacionales con más de 90 universidades e institutos en todo el mundo, incluidos EE. UU., Canadá, México, Rusia, Bielorrusia, Reino Unido, Irlanda, Francia, Alemania, España, Italia, Suecia, Australia, Japón, etc.

INFORMACIÓN DEL CONTACTO

Morgan Mitchell

Óptica cuántica atómica
ICFO

Morgan.mitchell@icfo.eu

Alina Hirschmann

Comunicaciones corporativas en ICFO
ICFO

Alina.hirschmann@icfo.eu