

Futuro El objetivo es cazar átomos, a poder ser de uno en uno, y luego ver qué ocurre cuando chocan entre sí o contra un fotón emitido por un láser. En el Instituto de Ciencias Fotónicas de Barcelona se construye una trampa magnetoóptica para cazar átomos. Con ella se espera alcanzar las temperaturas más bajas registradas nunca en España.

El rincón más frío de España

Un laboratorio de Barcelona está construyendo una trampa de átomos a temperaturas ultrabajas

JX. PUJOL GEBELLÍ, **Barcelona** Jürgen Eschner, investigador del Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) de Barcelona, dirige la construcción de una trampa magnetoóptica para cazar átomos. Con ella se espera alcanzar alrededor de los 20 microkelvin (20 millonésimas de grado por encima del cero absoluto). Experimentos de este tipo están permitiendo avanzar en áreas de tanto interés potencial como las memorias cuánticas, la teleportación o la manipulación a voluntad de átomos y moléculas individuales, por no hablar de computación cuántica.

La trampa magnetoóptica (MOT, en sus siglas en inglés) acabó de ensamblarse en mayo. A simple vista podría confundirse con un juego de física recreativa en el que haces de luz rebotan en espejos y prismas para alcanzar no se sabe exactamente qué objetivo. La realidad, sin embargo, es bien distinta. Seis haces de luz láser y un complejo mecanismo de campos magnéticos trabajan conjuntamente para enfriar átomos tanto como sea posible. Y para, una vez enfriados —o lo que es lo mismo, estabilizados—, tratar de manipularlos.

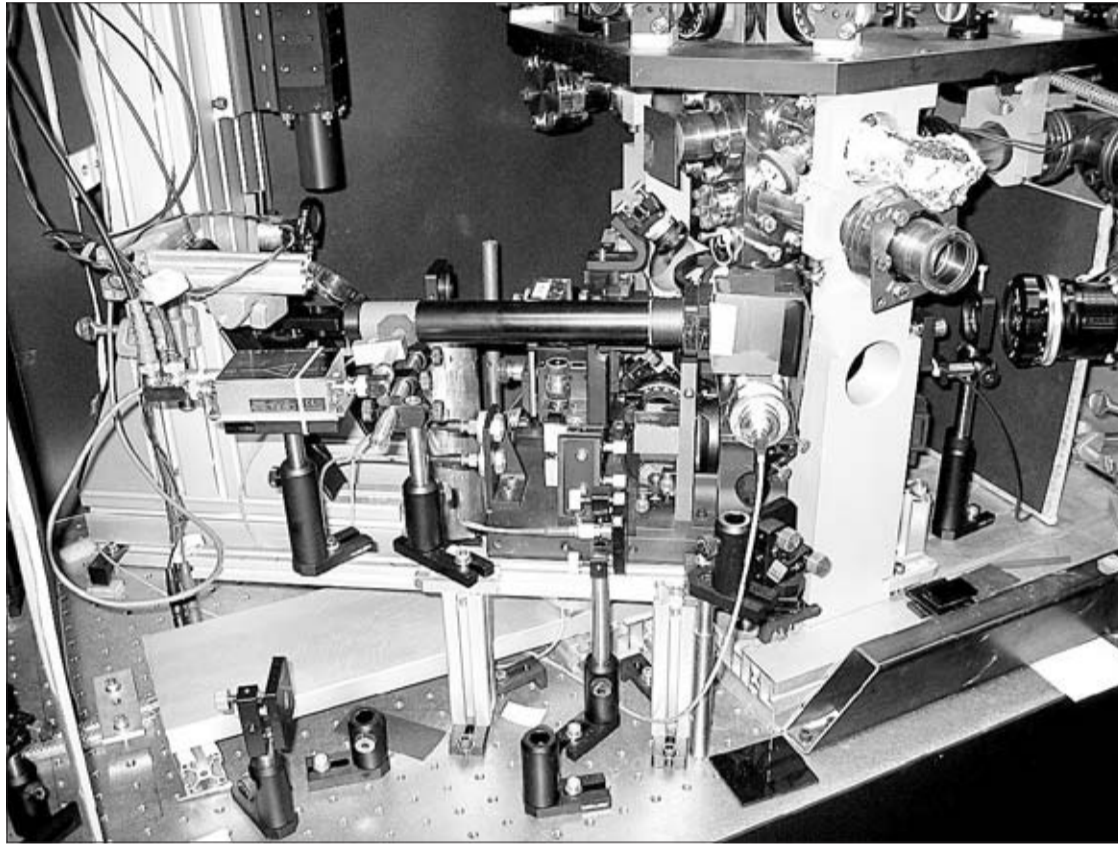
El experimento que diseña Eschner no es en sí mismo novedoso. Tampoco lo es la temperatura que se pretende alcanzar. Un centenar de grupos trabaja en el mundo diseñando experiencias similares y algunos han obtenido ya temperaturas inferiores a los 20 microkelvin. Pero va a ser la primera vez en España y las derivaciones del experimento pueden aportar informa-

Cuanto más cerca se está del cero absoluto, más estables se muestran los átomos

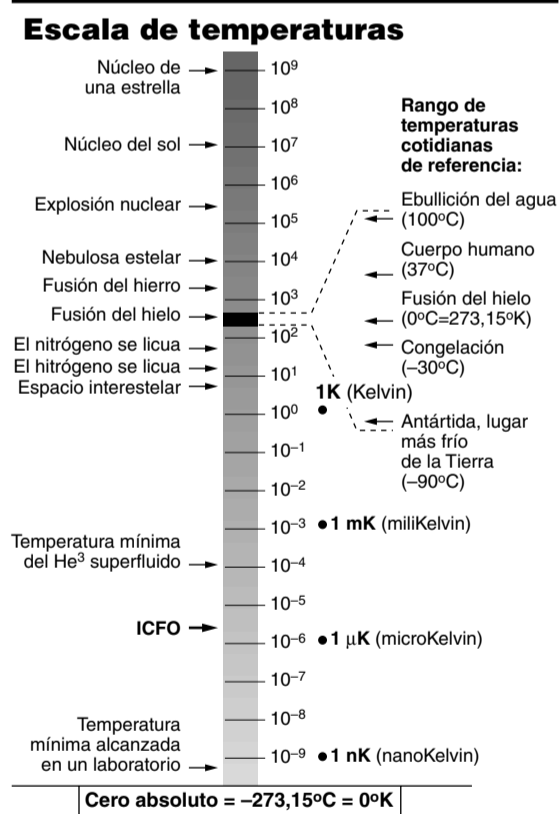
ción valiosa en el emergente campo de la información cuántica.

La clave para que se logren resultados aplicables, resume Eschner —afincado en Barcelona desde octubre de 2003, procedente del prestigioso Instituto de Física Experimental de Innsbruck—, es “trabajar con átomos ultrafríos”. Cuanto más cerca se está del cero absoluto, explica el investigador, más estables se muestran los átomos. Por consiguiente, se desplazan a menor velocidad y es mayor la posibilidad de manipularlos para observar qué tipo de interacciones se producen entre ellos, así como entre un átomo y la luz. El principio, el equivalente a una trampa de energía para átomos, es aplicable también a iones.

La pregunta es qué tipo de conocimiento puede aportar un átomo ultrafrío. En opinión de Eschner, las aplicaciones prácticas ya pueden vislumbrarse. El investigador cree que ahora se trata de poner los cimientos sobre los que puedan asentarse y demostrar que lo que se apunta teóricamente en las ciencias cuánticas de la información es factible experimentalmente.



Trampa magnetoóptica en el Instituto de Ciencias Fotónicas de Barcelona. / ICFO



Fuente: ICFO.



EL PAÍS Jürgen Eschner. /JORDI ROVIRALTA

¿Qué conceptos deben ser probados experimentalmente? En primer lugar, señala Eschner, que los átomos ultrafríos pueden caracterizarse y manipularse a voluntad. Y que con ellos pueden reproducirse algunos de los experimentos de la mecánica cuántica que ahora mismo se están haciendo a temperatura ambiente. De acuerdo con los modelos teóricos, en condiciones bien controladas, las señales que puedan observarse de la colisión entre dos átomos y de las interacciones entre átomos y fotones deberían ser más limpias. A temperaturas cercanas al cero absoluto, las interferencias ambientales externas pueden llegar a eliminarse.

El estudio de las interacciones que puedan producirse entre dos

átomos y entre átomos y fotones a esas temperaturas tiene sentido para explorar nuevas vías para la teleportación, un fenómeno cuántico por el cual puede inducirse un cambio de estado (su nivel de energía, por ejemplo) en un átomo actuando a distancia sobre otro sin usar ningún otro vínculo físico. La primera evidencia de que la llamada teleportación de estados cuánticos es posible entre objetos masivos, como dos átomos, fue publicada en la revista *Nature* el pasado 18 de junio.

El experimento, desarrollado simultáneamente por investigadores de la Universidad de Innsbruck y del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de EE UU, logró la teleportación en-

tre átomos separados por unas pocas micras. Eschner pretende multiplicar la distancia hasta alcanzar un metro entre ambos. Pero no sólo eso: su intención es ir más allá y emplear iones. En el ICFO se está diseñando ahora un segundo experimento que conduzca a una trampa iónica para trabajar con iones individuales. “La tecnología nos permite ya preparar átomos, iones y fotones individuales”, asegura.

La derivación del experimento dista mucho de transportar objetos. La pretensión, aclara el investigador, es llevar información de un punto a otro de forma segura, lo que abre la puerta al desarrollo de nuevos modelos en criptografía, comercio electrónico y mensajería instantánea. En otro plano no me-

nos importante, la teleportación de estados cuánticos es de enorme interés en computación cuántica. Dado el paralelismo con que se logra el cambio de estado, su aplicación en computación permitiría realizar ciertos cálculos especializados a una velocidad inalcanzable con ordenadores convencionales.

Otra posibilidad de la investigación en átomos ultrafríos es el diseño de memorias cuánticas. “Podemos conseguir que el átomo sea la unidad más pequeña de almacenamiento de información”, cuenta Eschner. De nuevo, para lograrlo el primer paso es estabilizar los átomos y eliminar posibles perturbaciones. Hasta ahora se han conseguido memorias cuánticas basadas en el efecto de la luz polarizada para muchos átomos. Todavía no se ha logrado con átomos ultrafríos individuales.

La trampa magnetoóptica diseñada por Eschner o, lo que es lo mismo, el rincón más frío de España, incorpora otros aspectos de interés en el plano estrictamente tecnológico. Como señala el investigador, toda la instrumentación que se está empleando en su construcción “puede comprarse en el mercado”, lo que, dice, demuestra que el principio está bien asentado y que el logro de los objetivos depende, casi en exclusiva, de mejoras introducidas en su arquitectura. Por lo demás, en lo único que difiere de otros experimentos es en el software empleado para captar y visualizar las señales.

También está asentada la tecnología de manipulación de los átomos una vez lograda su estabilización, aunque acceder a ella es difi-

La teleportación de estados cuánticos es de enorme interés en computación

cil por tratarse fundamentalmente de prototipos al alcance de unos pocos laboratorios en el mundo. Los instrumentos que ofrecen mayores expectativas para caracterizar y manipular moléculas y átomos individuales son los microscopios de fuerzas atómicas (AFM) y las pinzas ópticas.

El equipo de Eschner en el ICFO tiene precisamente como objetivo construir un prototipo de pinzas ópticas dedicado inicialmente a la manipulación de átomos. El mismo principio de pinzas ópticas se usa ya habitualmente para mover a voluntad material biológico. El investigador Dmitri Petrov construyó en el ICFO uno de estos instrumentos en 2002, que ahora usa para manipular y estudiar células cancerosas. En la actualidad se están construyendo otros instrumentos similares en España, como el que se ensamblará a partir de septiembre en la Universidad Complutense de Madrid, en colaboración con el departamento de Biología Celular y Molecular de la Universidad de California en Berkeley que dirige el científico peruano Carlos Bustamante.