

# Entrellaçament "calent i desordenat" de 15 bilions d'àtoms

**En un estudi publicat en Nature Communications, els investigadors de l'ICFO, HDU i UPV informen sobre la producció d'un estat gegant entrellaçat que podria ajudar als investigadors mèdics a detectar senyals magnètics extremadament febles del cervell.**

Barcelona, 15 de maig del 2020

L'entrellaçament quàntic és un procés pel qual els objectes microscòpics com els electrons o els àtoms perden la seva individualitat per coordinar-se millor entre ells. L'entrellaçament es troba al centre de les tecnologies quàntiques, les quals prometen grans avenços en camps com el de la informàtica, les comunicacions i la detecció, per exemple d'ones gravitacionals.

Els estats entrellaçats són coneguts per la seva fragilitat: en la majoria dels casos, fins i tot una petita pertorbació desfà l'entrellaçament. Per aquesta raó, les tecnologies quàntiques actuals requereixen d'un gran esforç per aïllar els sistemes microscòpics amb els quals es treballa i, normalment, funcionen a temperatures properes al zero absolut. L'equip de l'ICFO, per contra, va escalfar una col·lecció d'àtoms a 450 Kelvin, milions de vegades més calents que la majoria d'àtoms usats per les tecnologies quàntiques. A més, els àtoms individuals no van quedar precisament aïllats; van xocar entre si cada pocs microsegons i cada col·lisió va fer que els seus electrons gressin en direccions aleatòries.

Els investigadors van utilitzar un làser per controlar la magnetització d'aquest caòtic gas calent. Aquesta magnetització és causada pels electrons que giren en els àtoms i proporciona una manera d'estudiar l'efecte de les col·lisions i detectar entrellaçaments. El que van observar els investigadors va ser un gran nombre d'àtoms entrellaçats - unes 100 vegades més que el que mai s'havia observat abans. També van veure que l'entrellaçament no és local: implica àtoms no propers entre ells. Entre els dos àtoms entrellaçats hi ha milers d'altres àtoms, molts dels quals estan entrellaçats amb altres àtoms, en un estat entrellaçat gegant, calent i desordenat.

El que també van veure, segons recorda Jia Kong, primera autora de l'estudi, *"és que si aturem la mesura, l'entrellaçament es manté durant aproximadament 1 mil·lisegon, cosa que significa que 1000 vegades per segon es produeix un nou lot de 15 bilions d'àtoms entrellaçats. I heu de pensar que 1 ms és un temps molt llarg per als àtoms, el temps suficient perquè es produeixin una cinquantena de col·lisions aleatòries. Això demostra clarament que aquests esdeveniments aleatoris no es destrueixen l'entrellaçament. Aquest és potser el resultat més sorprenent de l'estudi"*.

L'observació d'aquest estat entrellaçat calent i desordenat ens obre el camí per a la detecció de camps magnètics ultra-sensibles. Per exemple, en la magnetoencefalografia (imatge cerebral magnètica), una nova generació de sensors utilitza aquests mateixos gasos atòmics calents i d'alta densitat per detectar els camps magnètics produïts per l'activitat cerebral. Els nous resultats demostren que l'entrellaçament pot millorar la sensibilitat d'aquesta tècnica, que té aplicacions en ciències fonamentals del cervell i en neurocirurgia.

Tal com afirma el professor ICREA de l'ICFO Morgan Mitchell, "*aquest resultat és sorprenent, una desviació real del que s'esperava de l'entrellaçament*". I afegeix: "*esperem que aquest tipus d'estats entrellaçats gegants condueixin a un millor rendiment de sensors en aplicacions que van des d'imatges de cervell fins a la conducció autònoma o la cerca de matèria fosca*".

### **Un Spin Singlet i el QND**

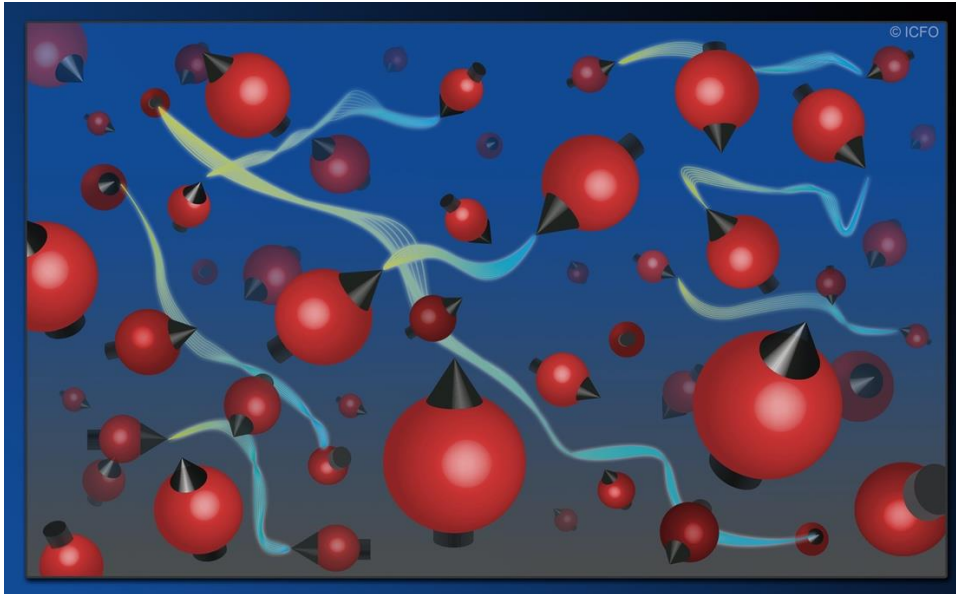
Un spin singular és una forma d'entrellaçament en que els girs o spins de moltes partícules (el seu moment angular intrínsec) sumen 0, la qual cosa significa que el sistema té un moment angular total de zero. En aquest estudi, els investigadors van aplicar el mesurament quàntic de no demolició (QND) per extreure la informació del spin de bilions d'àtoms. La tècnica passa fotons d'un làser amb una energia específica a través del núvol d'un gas dels àtoms. Aquests fotons amb aquesta energia determinada no exciten als àtoms, però ells mateixos es veuen afectats per la trobada. Els spins dels àtoms actuen com a imants per fer girar la polarització de la llum. En mesurar quant ha canviat la polarització dels fotons després de passar a través del núvol, els investigadors poden determinar el spin total del gas d'àtoms.

### **El règim SERF**

Els magnetòmetres actuals operen en un règim denominat SERF, lluny de les temperatures pròximes al zero absolut que els investigadors solen emprar per estudiar els àtoms entrellaçats. En aquest règim, qualsevol àtom experimenta moltes col·lisions aleatòries amb altres àtoms veïns, la qual cosa fa que les col·lisions siguin l'efecte més important sobre l'estat de l'àtom. A més, pel fet que estan en un mitjà calent, en comptes d'un ultra fred, les col·lisions aleatoritzen ràpidament el spin dels electrons en qualsevol àtom donat. L'experiment demostra, sorprenentment, que aquest tipus de pertorbació no trenca els estats entrellaçats, simplement passa l'entrellaçament d'un àtom a un altre.

###

Referència: [10.1038/s41467-020-15899-1](https://doi.org/10.1038/s41467-020-15899-1)



Llegenda: Il·lustració artística d'un núvol d'àtoms amb parells de partícules entrelaçades entre si, representats per les línies groc-blava. Crèdit de la imatge: © ICFO



Llegenda: Imatge de la cel·la de vidre on es barreja el metall de rubidi amb gas nitrogen i s'escalfa fins a 450 graus Kelvin. A aquesta temperatura alta, el metall es vaporitza i crea àtoms de rubidi lliures que es difonen dins de la cèl·lula. Crèdit de la imatge: © ICFO

## Sobre l'ICFO

L'ICFO va ser fundat pel Govern de Catalunya i la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), els quals són membres del seu consell d'administració juntament amb les Fundacions Cellex i Mir-Puig, entitats filantròpiques que han exercit un paper fonamental en l'avanç de l'institut. Situat al Parc Tecnològic del Mediterrani en l'àrea metropolitana de Barcelona, l'institut actualment alberga a més de 400 persones, organitzades en 25 grups de recerca en 60 laboratoris de recerca d'avantguarda. Les línies de recerca abasten diverses àrees en les quals la fotònica exerceix un paper decisiu, amb èmfasi en temes bàsics i aplicats rellevants per la medicina i la biologia, tècniques d'imatge avançades, tecnologies de la informació, una

gamma de sensors ambientals, làsers sintonitzables i ultraràpids, ciència quàntica, fotovoltaica i les propietats i aplicacions de nanomaterials com el grafè, entre altres. A més de dues acreditacions d'excel·lència atorgades per Sever Ochoa, els ICFOnians han assegurat 15 càtedres ICREA i 37 subvencions del Consell Europeu de Recerca. L'ICFO és molt proactiu en el foment d'activitats empresarials, la creació de spin off i la creació de col·laboracions i vincles entre la indústria i els investigadors de l'ICFO. Fins avui, l'ICFO ha ajudat a crear 7 noves empreses.

### **Sobre HDU**

La [Universitat Hangzhou Dianzi](#) es troba en Hangzhou, una de les ciutats més dinàmiques de l'àrea del delta del riu Yang-tse i la ciutat capital de la província de Zhejiang, una de les províncies més pròsperes de la Xina amb un fort creixement econòmic, vitalitat i potencial. La Universitat Hangzhou Dianzi (HDU) va ser fundada en 1956. És una universitat integral i una de les 5 millors universitats amb les seves pròpies característiques distintives en el camp de la ciència i tecnologia electrònica, enginyeria i tecnologia de la informació, així com gestió i comptabilitat, etc. HDU té més de 25,000 estudiants i més de 2300 membres del personal. Compta amb 21 escoles i instituts de recerca que ofereixen 59 programes de pregrau, 93 programes de postgrau i 6 programes de doctorat en ciències, enginyeria, gestió, economia, literatura, dret, educació i art, juntament amb múltiples disciplines interactives i especialitats. HDU ha establert amb èxit relacions amb socis i desenvolupat molts tipus de programes cooperatius internacionals amb més de 90 universitats i instituts a tot el món, inclosos EUA, el Canadà, Mèxic, Rússia, Bielorrússia, Regne Unit, Irlanda, França, Alemanya, Espanya, Itàlia, Suècia, Austràlia, el Japó, etc.

### **INFORMACIÓ DE CONTACTE**

#### **Morgan Mitchell**

Òptica quàntica atòmica  
ICFO

[Morgan.mitchell@icfo.eu](mailto:Morgan.mitchell@icfo.eu)

#### **Alina Hirschmann**

Comunicacions corporatives a l'ICFO  
ICFO

[Alina.hirschmann@icfo.eu](mailto:Alina.hirschmann@icfo.eu)