



## Mesurant els camps magnetics mes diminuts del mon amb el material mes fred de l'univers

Un equip d'investigadors de l'ICFO i la Universitat Aalto detecten senyals magnetics fins ara indetectables per qualsevol tecnologia de sensors existent, fent servir atoms a temperatures d'unes mil milionèsimes parts de grau per sobre del zero absolut.

February 08, 2022

Els magnetometres mesuren la direccio, la forca o els canvis relatius dels camps magnetics, en un punt concret de l'espai i el temps. Ampliament usats en moltes arees de recerca, poden ajudar els metges a veure el cervell a traves d'imatges o als arqueolegs a revelar tresors subterranis sense haver d'excavar el terra.

Alguns camps magnetics de gran interes, com els produïts pel cervell, son extraordinariament febles, uns mil milions de vegades mes febles que el camp magnetic de la Terra. Per això, calen magnetometres extremadament sensibles per poder detectar-los. S'han inventat diverses tecnologies singulars per poder mesurar-los, com dispositius

superconductors i vapors atòmics amb sonda laser, i fins i tot s'han fet servir com a sensors magnètics les impureses que donen color a alguns diamants. No obstant això, el grau de sensibilitat de totes aquestes tecnologies s'ha estancat a aproximadament el mateix nivell de detall, cosa que significa que hi ha alguns senyals magnètics que són massa febles per ser detectats.

La física descriu aquesta limitació amb una quantitat anomenada resolució d'energia per amplada de banda, escrit  $ER$ , un nombre que combina la resolució espacial, la durada del mesurament i la mida de l'àrea detectada. Cap a 1980, els sensors magnètics superconductors van aconseguir el nivell de resolució  $ER = ?$  i des de llavors, cap sensor ha estat capaç de millorar-ho. Aquest valor  $?$ , que es coneix com a  $\frac{1}{2}h$  barrat  $\frac{1}{2}$ , és la constant fonamental de Planck, també anomenada quant d'ac

### **Superar el límit de resolució d'energia**

En un estudi publicat a PNAS, els investigadors de l'ICFO **Silvana Palacios**, **Pau Gomez**, **Simon Coop** i **Chiara Mazzinghi**, liderats pel professor ICREA **Morgan Mitchell** i en col·laboració amb **Roberto Zamora** de la Universitat d'Aalto, descriuen un nou magnetòmetre que assoleix, per primera vegada, una energia de resolució per amplada de banda que va molt més enllà d'aquest límit.

Per crear el sensor, l'equip va utilitzar un condensat de Bose-Einstein [1] de domini únic. El condensat estava format per àtoms de rubidi refredats a temperatures nano-Kelvin per refredament evaporatiu, en un buit gairebé perfecte, i sostingut contra la força de la gravetat gràcies a una trampa òptica. A aquestes temperatures ultra fredes els àtoms formen un superfluid magnètic, que respon als camps magnètics de la mateixa manera que ho fan les agulles d'una brúixola, i a més pot reorientar-se sense fricció ni viscositat. En aquestes condicions, un camp magnètic molt petit pot fer que el condensat es reorienti i, per tant, ser detectat. Els investigadors van demostrar que el seu magnetòmetre era capaç d'obtenir una resolució d'energia per amplada de banda d' $ER = 0.075 ?$ , 17 vegades millor que qualsevol tecnologia prèvia.

### **Un avantatge qualitatiu**

Amb aquests resultats, l'equip confirma que el sensor és capaç de detectar camps magnètics fins ara indetectables. La seva sensibilitat podria millorar encara més amb una millor tècnica d'acoblament de la llum a l'àtom, o utilitzant condensats de Bose-Einstein fets d'un altre tipus d'àtoms. Aquest magnetòmetre també pot ser útil per estudiar les propietats físiques dels materials i en la recerca de la matèria fosca de l'univers.

Més important encara, la troballa mostra que  $?$  no és un límit infranquejable, i això obre la porta al desenvolupament d'altres magnetòmetres molt sensibles, aplicables a múltiples àrees del coneixement com la neurociència i la biomedicina, on la detecció de camps magnètics extremadament febles, breus i localitzats podria permetre l'estudi de nous

aspectes de la funcio cerebral.