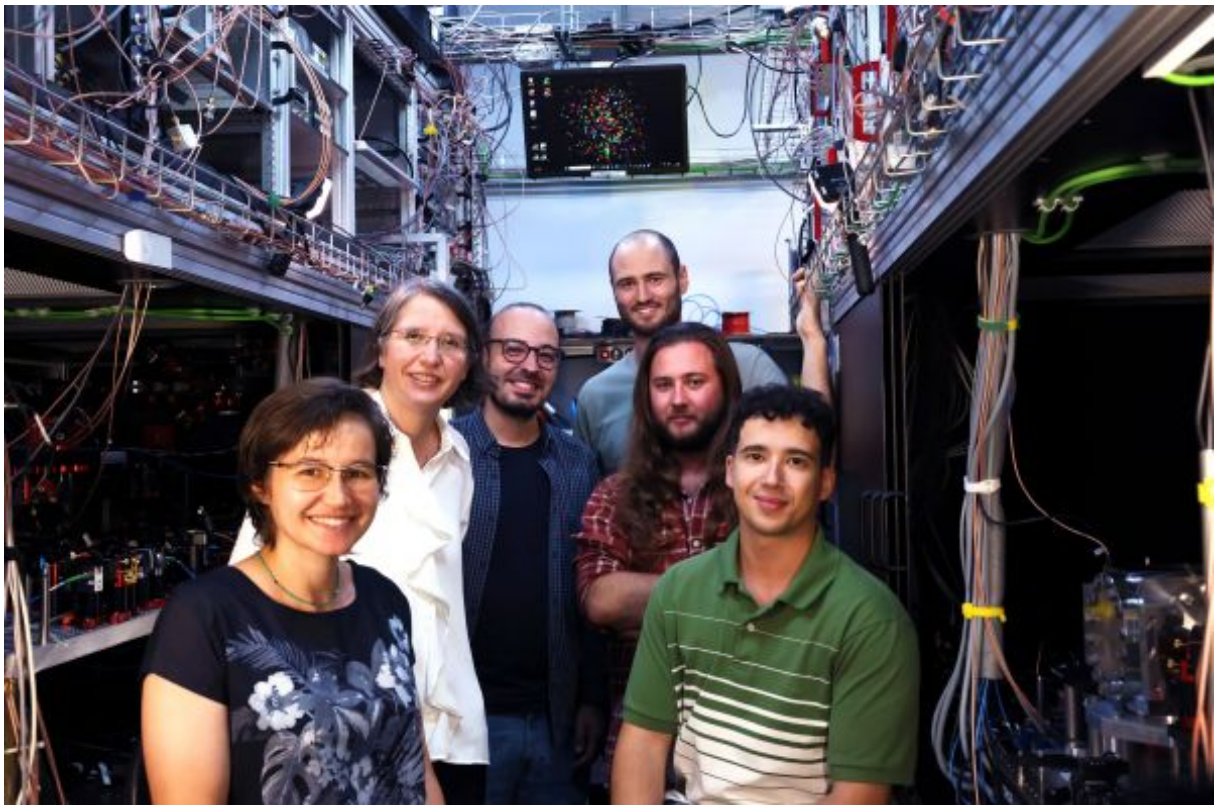


Un microscopi de gas quantic distingeix el "color" d?atoms individuals d?un sol cop

Investigadors de l'ICFO han aconseguit obtenir imatges d'atoms individuals d'estronci-87 i revelar el seu ventall colorit de deu estats d'espi diferents. Presentat a Physical Review X, es tracta del primer microscopi de gas quantic capac de detectar atoms individuals amb un nombre tan elevat d'espins tots alhora, una capacitat unica amb aplicacions immediates en simulacio i computacio quantiques.

November 17, 2026

El 2024, el grup de Gasos Quantics Ultrafreds de l'ICFO va construir un microscopi de gas quantic que permetia, per primera vegada, obtenir imatges d'atoms individuals en gasos quantics d'estronci, cosa que va suposar un gran salt endavant per a la simulacio quantica. En aquella ocasio, els investigadors van treballar amb estronci-84, un boso sense espi. Ara, en **Carlos Gas-Ferrer**, el **Dr. Antonio Rubio-Abadal**, la **Dra. Sandra Buob**, en **Leonardo**

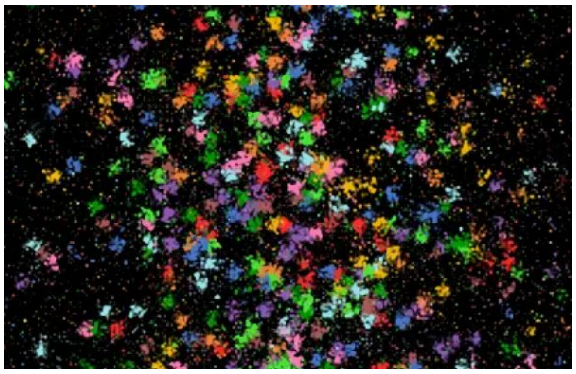
Bezzo, i el **Dr. Jonatan Hoschele**, dirigits per la **Prof. ICREA Leticia Tarruell**, han utilitzat el mateix dispositiu per observar l'**estronci-87**. Aquest fermio te **deu estats d'espi** diferents, cosa que dona lloc a imatges multicolors on cadascun es pot distingir dels altres. Publicada a Physical Review X, es tracta de **la primera demostracio d'un microscopi de gas quantic capac de detectar d'un sol cop atoms individuals amb tants espins disponibles.**
Aquesta capacitat obre noves possibilitats per a la **simulacio quantica** de materials: els atoms fermionics fan el paper dels electrons i l'estructura cristal·lina d'un solid se substitueix pe una xarxa optica creada mitjancant feixos laser que interfereixen entre si. Tradicionalment aquests sistemes s'utilitzen per estudiar el model de Hubbard, una peca fonamental pe entendre els superconductors d'alta temperatura critica. El mes destacable es qu l'estronci-87 permetra a l'equip de l'ICFO anar mes enlla dels dos estats d'espi de l'electro crear materials artificials amb tres o mes estats d'espi. Aquesta llibertat addicional e especialment util a l'hora de reproduir formes exotiques de magnetisme quantic, en que el espins s'alineen en configuracions magnetiques complexes. Tambe podria donar lloc liquids d'espi, una misteriosa fase de la materia en que els espins no arriben a ordenar-se romanen suspesos en una superposicio de molts estats quantics
La tecnica tambe es prometedora per a la**computacio quantica**, un camp en el qual s'estan explorant els atoms neutres alcalinoterris, com l'estronci, per implementar qudits (una generalitzacio dels qubits que pot codificar mes de dos valors). Els atoms d'estronci-87 podrien ser una plataforma ideal per a aixo, i el protocol d'imatge proposat ofereix un metode de lectura fiable i plenament compatible amb els requisits estrictes de la computacio quantica basada en qudits.

Imatges d'atoms individuals a tot color
i¿½L'ingredient clau d'aquest experiment ha estat la transicio vermella de linia estreta e l'estroncii¿½, explica en Carlos Gas Ferrer, primer autor de l'article. Gracies a aqu sta transicio, extremadament ben definida, un feix laser sintonitzat a la freqüencia ade uada nomes excita els atoms que es troben en un estat d'espi concret. Aquests atoms absorb ixen la llum del laser, s'exciten i, en tornar al seu estat fonamental, emeten foto s de fluorescencia que el microscopi pot detectar; la resta d'estats d'espi no es veuen afect ts i romanen i¿½foscosi¿½ per al laser. i¿½La transicio es prou suau per poder resoldr l'espi i, alhora, prou intensa per generar un senyal de fluorescenciai¿½, aclareix l' nvestigador. Aprofitant aquesta propietat, l'equip de l'ICFO ha trobat la manera de distingir ls nombrosos espins dels atoms d'estronci-87 executant l'experiment una sola vegada. Pri er, un laser excita els atoms que es troben en el primer estat d'espi, que emeten fl orescencia i produeixen una primera imatge a la qual se li assigna un color. A continuacio, els atoms de l'estat d'espi següent es transfereixen a aquest mateix estat sobre el qual a tua el laser. Llavors els atoms s'exciten i emeten fluorescencia, la qual cosa dona llo a una segona imatge amb un nou c

lor assignat. El protocol consisteix, per tant, a anar transferint, estat per estat, els atoms res ants a aquest estat d'espi inicial per aleshores induir-ne la fluorescencia. D'aques a manera, els investigadors de l'ICFO ara poden obtenir imatges dels deu estats d'espi de l estronci-87 i determinar quants atoms hi ha en cadascun, i tot aixo en una unica realitzacio experimental. Les imatges, en conseqüencia, semblen confeti multicolor, on cada color correspon a un estat d'espi diferent. Mes enlla del seu atractiu visual, aquestes imatges s posen una fita experimental i obren noves i prometedores vies per a les tecnolog

Referencia:
Carlos Gas-Ferrer, Antonio Rubio-Abadal, Sandra Buob, Leonardo Bezzo, Jonatan Hoschele, and Leticia Tarruell, Spin-resolved microscopy of 87Sr SU(N) Fermi-Hubbard systems, Phys. Rev. X, **16**, 041042 (2026)
DOI: https://doi.org/10.1103/v9sh-cq7r

Agraiments:
We acknowledge funding from the European Union (HORIZON-CL4-2022-QUANTUM-02-SGA through project PASQuanS2.1 No. 101113690 and ERC CoG project No. 101003295 Super-Comp), the Spanish Ministry of Science and Innovation MCIU/AEI/10.13039/501100011033 (projects MAPS PID2023-149988NB-C22, and QuantERA DYNAMITE PCI2022-132919 with funding from European Union NextGenerationEU, PRTR-C17.I1 with funding from European Union NextGenerationEU and Generalitat de Catalunya, and Severo Ochoa CEX2024-001490-S), Fundacio Cellex, Fundacio Mir-Puig, and Generalitat de Catalunya (i¿½Quantica - Vall de la Mediterrania de les Ciencies i l s Tecnologies Quantiquesi¿½ Government Agreement GOV/51/2022 promoted by Secreta iat of Digital Policies of the Government of Catalonia, and CERCA program). C.G. acknowle ges support from MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, EU and ESF+ (PREP2023-0021 9), A.R. from the i¿½la Caixai¿½ Foundation (ID 100010434) with fellows ip code LCF/BQ/PI24/12050012, S.B. from MCIU/AEI/10.13039/501100011033 and ESF (PRE2020-094414), L.B. from Generalitat de Catalunya and ESF+ (FI-STEP 2025 STE 00008), and J.H. from the European Union (Marie Sk lodowska-Curie-713729).



Imatge d?atoms individuals amb resolucio d?espi d?un gas de ??Sr amb deu estats d?espi, atrapat en una xarxa optica. Cada punt de fluorescencia indica la posicio d?un atom d?estronci-87, i el seu color identifica el seu estat d?espi.