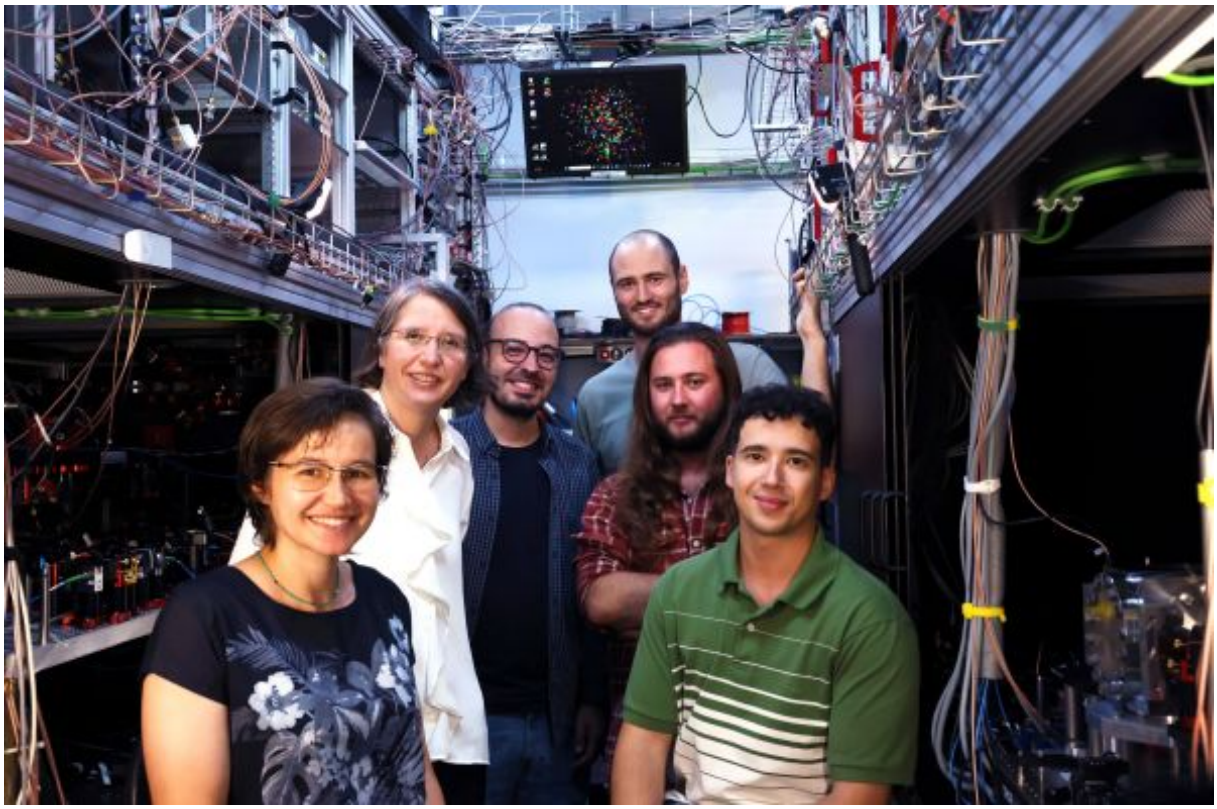


Un microscopio de gas cuantico distingue el "color" de atomos individuales en una sola toma

Investigadores del ICFO han logrado obtener imagenes de atomos individuales de estroncio-87 y revelar su colorido abanico de diez estados de espin distintos. Publicado en Physical Review X, se trata del primer microscopio de gas cuantico capaz de detectar atomos individuales con un numero tan elevado de espines todos a la vez, una capacidad unica con aplicaciones inmediatas en simulacion y computacion cuanticas.

November 17, 2026

En 2024, el grupo de Gases Cuanticos Ultrafrios del ICFO construyo un microscopio de gas cuantico que permitia, por primera vez, obtener imagenes de atomos individuales en gases cuanticos de estroncio, lo que supuso un gran salto hacia adelante para la simulacion cuantica. En aquella ocasion, los investigadores trabajaron con estroncio-84, un boson sin espin.

Ahora, **Carlos Gas-Ferrer**, el **Dr. Antonio Rubio-Abadal**, la **Dra. Sandra Buob**, **Leonardo Bezzo**, y el **Dr. Jonatan Hoschele**, dirigidos por la **Prof. ICREA Leticia Tarruell**, han utilizado el mismo dispositivo para observar el **estroncio-87**. Este fermion tiene **diez estados de espin** diferentes, lo que da lugar a imagenes multicolores en las que puede distinguirse cada uno de ellos. Publicada en Physical Review X, se trata de la **primera demostracion de un microscopio de gas cuantico capaz de detectar en una sola toma atomos individuales con tantos espines disponibles.**

Esta capacidad abre nuevas posibilidades para la **simulacion cuantica** de materiales, en la que los atomos fermionicos hacen el papel de los electrones y la estructura cristalina de un solido se sustituye por una red optica creada mediante haces laser que interfieren entre si. Tradicionalmente, estos sistemas se utilizan para estudiar el modelo de Hubbard, una pieza fundamental para entender los superconductores de alta temperatura critica. Lo mas destacable es que el estroncio-87 permitira al equipo del ICFO ir mas alla de los dos estados de espin del electron y crear materiales artificiales con tres o mas estados de espin. Esta libertad adicional resulta especialmente util para reproducir formas exoticas de magnetismo cuantico, en las que los espines se alinean en configuraciones magneticas complejas. Tambien podria dar lugar a liquidos de espin, una misteriosa fase de la materia en la que los espines no llegan a ordenarse y permanecen suspendidos en una superposicion de muchos estados cuanticos.

La tecnica tambien resulta prometedora para la **computacion cuantica**, un campo en el que se estan explorando los atomos neutros alcalinoterreos, como el estroncio, para implementar qudits (una generalizacion de los qubits que puede codificar mas de dos valores). Los atomos de estroncio-87 podrian ser una plataforma ideal para ello, y el protocolo de imagen propuesto ofrece un metodo de lectura fiable y plenamente compatible con los estrictos requisitos de la computacion cuantica basada en qudits.

Imagenes de atomos individuales a todo color

i¿½El ingrediente clave de este experimento ha sido la transicion roja de linea estrecha d
l estroncioi¿½, explica Carlos Gas Ferrer, primer autor del articulo. Gracias a esta transic
on, extremadamente bien definida, un haz laser sintonizado a la frecuencia adecuada solo ex
ita los atomos que se encuentran en un estado de espin concreto. Estos atomos absorben la
luz del laser, se excitan y, al volver a su estado fundamental, emiten fotones de fluoresce
cia que el microscopio puede detectar; el resto de estados de espin no se ven afectad
s y permanecen i¿½oscurosi¿½ para el laser. i¿½La transicion es lo bastante suave
como para poder resolver el espin, y a la vez lo bastante intensa como para generar un
senal de fluorescenciai¿½, aclara el i
vestigador. Aprovechando esta propiedad, el equipo del ICFO ha encontrado la manera de di
tinguir los numerosos espines de los atomos de estroncio-87 ejecutando el experimento u
a sola vez. Primero, un laser excita los atomos que estan en el primer estado de espin

que emiten fluorescencia y producen una primera imagen a la que se asigna un color. A conti uacion, los atomos del siguiente estado de espin se transfieren a ese mismo estado sobre el ue actua el laser. Entonces este puede excitarlos y hacer que emitan fluorescencia, dando lugar a una segunda imagen con un nuevo col
r asignado. El protocolo consiste, por tanto, en ir transfiriendo, estado por estado, los atomos restantes a ese estado de espin inicial e inducir su fluorescencia. De este modo, los invest gadores del ICFO pueden ahora obtener imagenes de los diez estados de espin del es roncio-87 y determinar cuantos atomos hay en cada uno en una unica realizacion experi ental. Como resultado, las imagenes parecen confeti multicolor, donde cada color corr sponde a un estado de espin distinto. Mas alla de su atractivo visual, estas imagenes sup nen un hito experimental y abren nuevas y prometedoras vias para las tecnologia

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

Agradecimientos:
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).

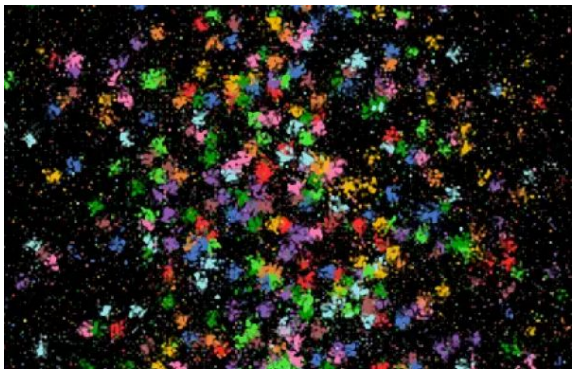


Imagen de atomos individuales con resolucion de espin de un gas de ??Sr con diez estados de espin, atrapado en una red optica. Cada punto de fluorescencia indica la posicion de un atomo de estroncio-87, y su color identifica el estado de espin en el que s