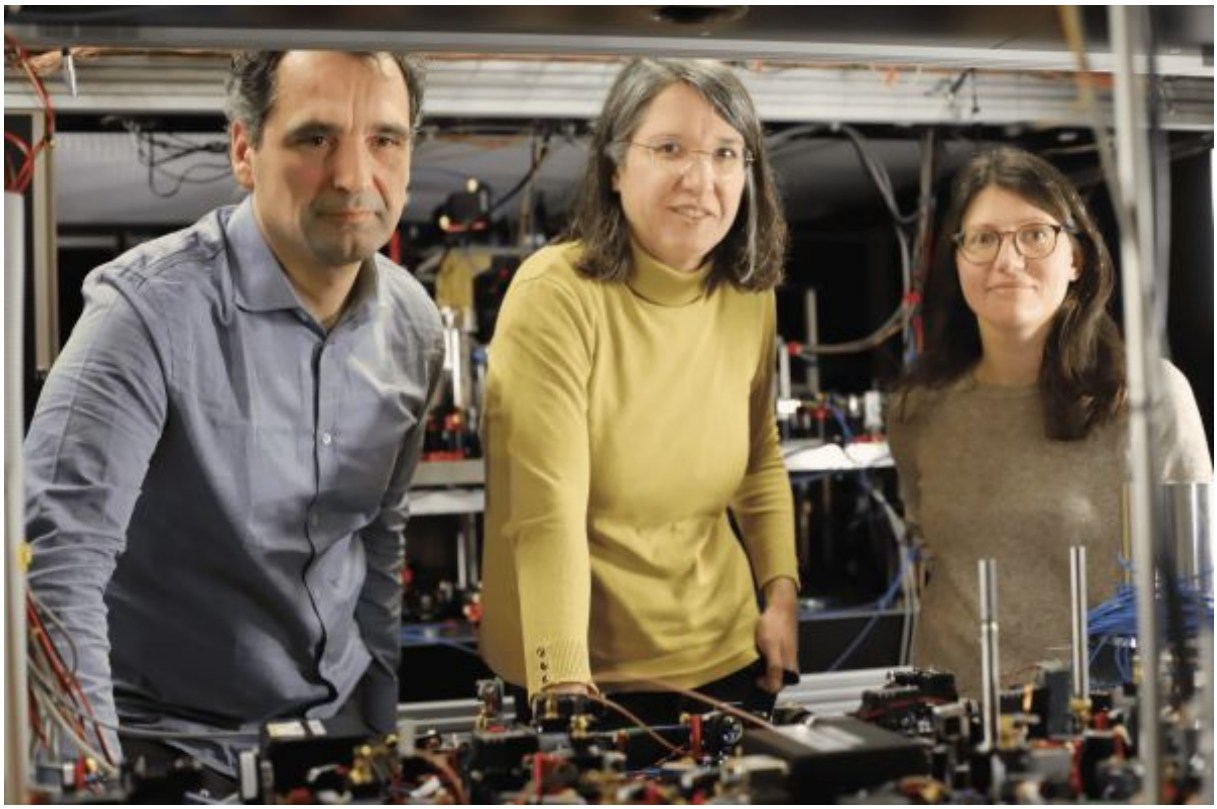


Imatges directes revelen les vibracions cristal·lines d?un supersolid fet d?atoms i llum

Per primera vegada, investigadors i investigadores de l'ICFO, en col·laboracio amb cientifics de la UAB, han obtingut imatge directes d'un supersolid acoblat espin-orbita. L'equip ha observa fluids quantics d'atoms que formen franges amb un espaiat qu oscil·la en el temps, tal com passa en un cristall. Aquests resultat , publicats aScience, demostren de manera inequivoca la naturalesa dual superfluida i cristal·lina d'aquests sistemes.

January 29, 2026

El segle XX va estar marcat pel descobriment d'estats exotics de la materia. En primer lloc, es va observar que l'heli liquid fluia sense friccio a temperatures extremadament baixes, una fase que avui es coneix com a superfluid. Poc despres, tambe es va descobrir que, sota les condicions externes adequades, alguns materials poden conduir electricitat sense resistencia; aquests materials van rebre el nom de superconductors. Mes tard, a la decada de

1960, els cientifics van afegir la idea dels supersolids a la llista: en aquest estat de la materia, els atoms flueixen sense friccio com un superfluid, alhora que mantenen l'ordre espacial periodic caracteristic d'un cristall.
Tot i que els supersolids van ser predits fa anys, ha estat recentment que han comencat a realitzar-los experimentalment, aixi com a explorar la seva naturalesa dual superfluida i cristal·lina. Encara queden moltes preguntes obertes sobre com i sota quines condicion aquestes propietats es manifesten en les diferents plataformes. Ara, investigadors de l'ICFO el**Dr. Craig Chisholm**, la **Dra. Sarah Hirthe**, el **Dr. Vasiliy Makhalov**, el **Dr. Ramon Ramos**, i el **Dr. Remy Vatre**, dirigits per la **Prof. ICREA Leticia Tarruell**, en col·laboracio amb el Dr. Jose Cabedo i el Prof. Alessio Celi, fisics teorics de la Universitat Autonoma de Barcelona (UAB , han aconseguit**demostrar de manera inequivoca la supersolidesa en atoms de potassi ultrafreds** acoblats a la llum.
Per primera vegada, investigadors i investigadores de l'ICFO **han obtingut imatges dels** anomenats **supersolids acoblats espin-orbita**, aportant **proves concloents tant de les seves propietats solides com superfluides**. Aquestes observacions directes, ara publicades a Science, mostren un nuvol d'atoms de potassi que forma espontaniament **franges** (una estructura similar a la d'un cristall) **amb un espaiat que oscil·la en el temps**, acostant-se i allunyant-se repetidament. Gracies a la col·laboracio amb els teorics de la UAB, l'equip h aconseguit explicar els resultats experimentals descrivint el nuvol atomic com una barrej d'atoms modificats que interfereixen, a traves de l'anomenat model de mixtura i¿½Les estructures cristal·lines mai no son perfectament estatiquesi¿½, explica la prof ssora ICREA Leticia Tarruell, investigadora principal de l'estudi. i¿½Els atoms vibren lleuger ment al voltant de les seves posicions, variant la distancia entre ells. Un supersolid autent c tambe hauria de compartir aquesta caracteristica, i aixo es exactament el que hem obse vati¿½. L'equip tambe va observar que, quan la mida total del nuvol s'expandeix o e contrau, apareixen noves franges o desapareixen les existents, respectivament, un co portament relacionat amb la seva naturalesa su

Es un condensat de Bose-Einstein acoblat espin-orbita un veritable supersolid?
Naturalment, per obtenir aquestes imatges, els investigadors primer van haver de crear el supersolid. En refredar un nuvol d'atoms de potassi fins a temperatures properes al zero absolut, els atoms es van anar alentint fins a quedar gairebe immobils, formant finalment un condensat de Bose-Einstein (una fase exotica de la materia en que tots els atoms ocupen l'estat d'energia minima, compartint una unica funcio d'ona quantica i, en conseqüencia comportant-se col·lectivament
. A continuacio, els investigadors van enviar dos feixos laser des de direccions diferents p r acoblar l'estat d'espin dels atoms amb el seu moment. Aixo va donar lloc a un**condensat de Bose-Einstein acoblat espin-orbita**, en el qual dos estats atomics de moments diferents interfereixen entre si. Aquesta interferencia es el que va produir un patro de franges al nuvol,

donant lloc al supersolid.

i¿½La major part dels treballs previs entorn dels supersolids s'havia dut a terme amb gas
s quantics magnetics, mentre que altres plataformes, com els condensats de Bose-Einste
n acoblats espin-orbita, havien romas en gran mesura inexploradesi¿½, assenyala la profes
ora Tarruell. Com explica la investigadora, durant anys es va debatre si un condensa
de Bose-Einstein acoblat espin-orbita podia convertir-se en un veritable supersolid, es a dir
si realment en podia emergir una estructura cristal·lina amb la seva rica dina
ica. i¿½En experiments anteriors es podia inferir indirectament l'aparicio d'un patro cristal·li, pero **nosaltres voliem veure'l amb els nostres propis ulls**i¿½, comenta la Dra. Sarah Hirthe, una
e les primeres coautores de l'article. De fet, les primeres imatges directes d'aquest tipus
e supersolid han resolt el debat al voltant dels condensats de Bose-Einstein acobla
s espin-orbita, establint-los com una **nova i excel·lent plataforma per estudiar la supersolidesa**.

i¿½El potassi va ser essencial per amplificar el patro i permetre'ns observar directament
a seva dinamica. En experiments anteriors, que utilitzaven altres especies atomiques,
l contrast de les franges era massa baix per veure-les amb claredat, i per aixo nomes es pod
a inferiri¿½, afegeix la investigad

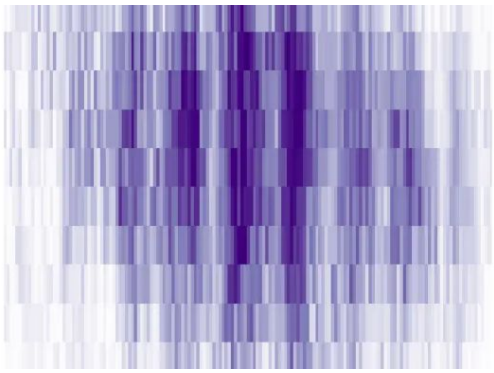
Un cop d'ull a futurs estats exotics de la materia

L'equip ja esta pensant a anar un pas mes enlla i aplicar els coneixements adquirits per crear el que anomenen un «liquid supersolid». Aquesta fase hipotetica de la materia consistiria n gotes liquides estabilitzades per efectes purament quantics (com aquelles descobertes pel mateix grup de l'ICFO l'any 2017) que, a mes, contindrien una estructura cristal·lina interna. S arribessin a fer-se realitat, els liquids supersolids s'unirien a la familia d'estats exotics de l materia, l'exploracio dels quals va comencar fa poc mes d'un segle

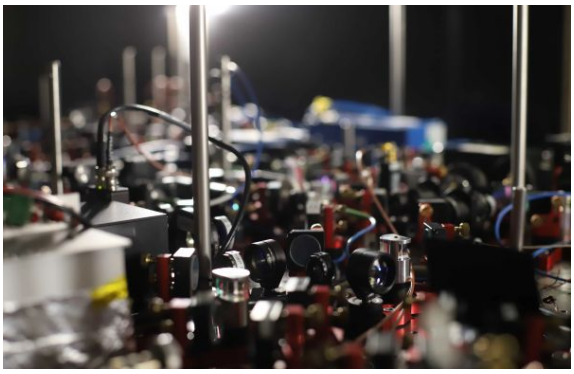
De moment, pero, aquestes imatges ja han marcat una fita en el camp en revelar un dinamica de les franges indicativa tant d'un comportament superfluid com cristal·li. Sego s la professora Tarruell: i¿½Per primera vegada, **hem vist l'estructura cristal·lina d'aques supersolid essent realment dinamica, basicament i¿½respiranti¿½, com si estigues viva**¿?

Referencia:

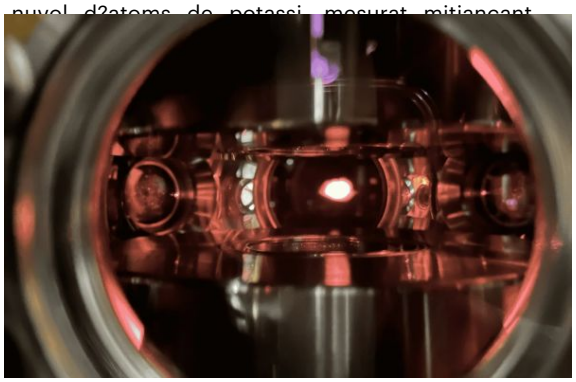
C. S. Chisholm, S. Hirthe, V. B. Makhalov, R. Ramos, R. Vatre, J. Cabedo, A. Celi, L. Tarruell, Probing supersolidity through excitations in a spin-orbit-coupled Bose-Einstein condensate, Science (2026). DOI:



Imatge experimental in situ del perfil de densitat del núvol d?atoms de potassi mesurat mitjancant



Taula optica utilitzada a l?experiment. ©ICFO.



Atoms de potassi a la trampa magneto-optica, una etapa intermedia anterior a la formacio d?un condensat de Bose-Einstein. ©ICFO.