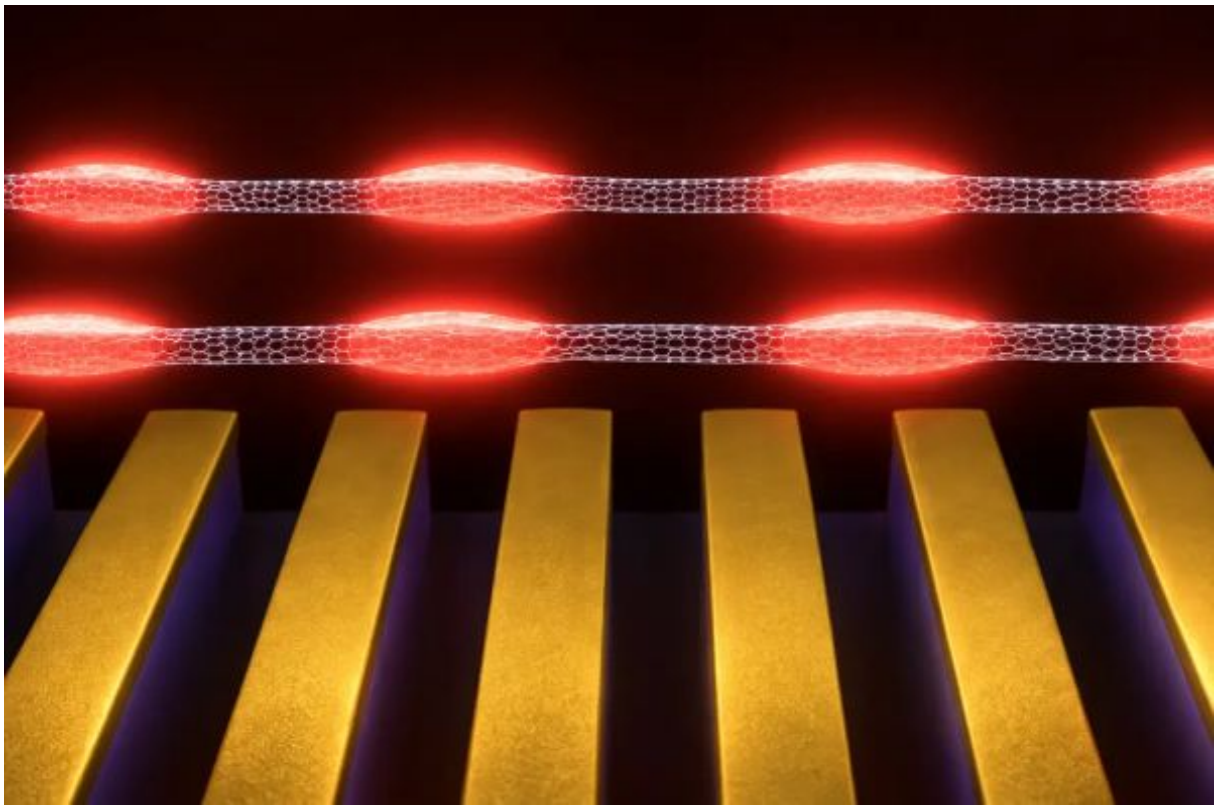


Dos nanotubs, un estat entrellacat: una nova plataforma per simular la fisica electro-fono

Investigadors de la Universitat Autonoma de Barcelona (UAB) i de l'Institut de Ciencies Fotoniques (ICFO) han proposat una estrategia per entrellacar la configuracio electronica de dos nanotubs de carboni.
La plataforma, descrita en un estudi publicat recentment a SciPost Physics, podria servir per simular interaccions electro-fono fortament correlacionades, com les que hi ha darrere de la superconductivitat no convencional.

November 05, 2026

Per que sorgeixen fases quantiques exotiques en els superconductors no convencionals? I per que els electrons es comporten d'una manera tan peculiar en el grafe bicapa girat? La comunitat cientifica creu que les interaccions entre electrons i fonons (vibracions quantitzades de la xarxa atomica del material) juguen un paper clau en aquests processos.

Pero com es desenvolupen aquestes interaccions en un sistema d'electrons fortament correlacionats? Quin es el seu origen? I com afecten exactament a les propietats fononiques i electroniques del material? Per respondre a aquestes preguntes caldria tenir en compte un nombre enorme de particules que interactuen de manera complexa les unes amb les altres, cadascuna de les quals te un gran nombre d'estats quantics possibles, un nombre que creix exponencialment amb el de particules. Simular aquest sistema en un ordinador classic es senzillament inviable.

Hi ha, pero, una alternativa: substituir el software classic per hardware quantic. La idea consisteix a fer servir un sistema quantic ben conegut per reproduir la fisica dels superconductors no convencionals o del grafe bicapa girat. Aquest sistema ha de presentar el mateix tipus d'interaccions electro-fono, pero de manera controlable al laboratori. Es el que es coneix com a simulador quantic, i el repte es trobar la plataforma adequada per implementar-lo.

El doctorand David Ullrich i la professora ICREA Anna Sanpera, investigadors de la UAB, juntament amb la **Dra. Marta Cagetti**, el **Dr. Stefan Forstner** i el **Prof. Adrian Bachtold**, investigadors de l'ICFO, han proposat ara de manera teorica una **plataforma de simulacio quantica per a la fisica electro-fono**. En un estudi publicat a SciPost Physics, l'equip prediu que aquest sistema presenta **una fase entrellacada, l'anomenada fase de Bell**, que no apareix quan hi ha un sol nanotub.

En concret, la plataforma consisteix a suspendre **dos nanotubs de carboni** i controlar-ne els estats electronics mitjancant electrodes de porta. En aplicar voltatges amb aquests electrodes, apareix una serie de pous de potencial al llarg dels nanotubs. Aquests pous allotgen estats quantics d'electrons: son els anomenats **punts quantics**. Cada nanotub te quatre punts i quatre electrons per ocupar-los. A mes, com que estan suspesos, els nanotubs poden vibrar de manera que, a temperatures extremadament baixes, les vibracions revelin la seva naturalesa quantica: son els anomenats **fonons**.

Els electrons es poden distribuir entre els punts de diverses maneres, aparellant-se o repartint-se entre ells. El descobriment clau de l'estudi es que les configuracions electroniques dels dos nanotubs acaben entrellacades per la interaccio entre els estats electronics i els fononics. Es tracta d'un estat de Bell genuinament quantic i amb entrellacament maxim que aqui sorgeix de manera natural com a estat fonamental del sistema, es a dir, l'estat de menor energia possible.

Els investigadors reconeixen que portar aquesta plataforma a la practica no sera senzill, sobretot perque els dos tubs han d'estar mes a prop l'un de l'altre que els punts quantics contigus d'un mateix tub. i¿½Mai no s'han col·locat dos nanotubs de carboni tan juntsi ?½, explica la Dra. Marta Cagetti, investigadora de l'ICFO i coautora de l'article. i¿½P ro som optimistes, perque aviat arribara un nou equip a l'ICFO que ens permetra moure els n notubs amb la precisio necessaria, de l'ordre de desenes de nanomet esi¿½. En el futur, l'equip vol estudiar que passa en afegir mes punts quantics al munt

tge o en acoblar el sistema al seu entorn. Tambe vol esbrinar si els estats fononics dels do tubs es podrien entrellacar. Un cop feta realitat, la plataforma podria convertir-se en una ein valuosa per a la simulacio quantica, principalment degut a la seva gran capacitat per ajusta -se, que permetra modificar diversos parametres durant la fabricacio, o inclu en mig de l'experiment.

Referencia:
David Ullrich, Marta Cagetti, Stefan Forstner, Adrian Bachtold, Anna Sanpera, Emergent Bell phase in an electro-nanomechanical quantum simulator, SciPost Phys. **21**, 043 (2026).
DOI: 10.21468/SciPostPhys.21.2.043

Agraiments:
DU and AS acknowledge financial support from MICINN grant PID2022-139099NB-I00, with the support of FEDER funds, the Spanish Government with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1), the Generalitat de Catalunya, the Ministry for Digital Transformation and of Civil Service of the Spanish Government through the QUANTUM ENIA project - Quantum Spain - through the Recovery, Transformation and Resilience Plan NextGenerationEU within the framework of the Digital Spain 2026 Agenda. MC, SF, and AB acknowledge support from ERC Advanced Grant 101198268-QTube, Marie Sklodowska-Curie grant agreements Nos. 847517 and 101105814, MICINN Grants Nos. RTI2018-097953-B-I00 and PID2021-122813OB-I00, the QuantERA grant (PCI2022-132951), the Fondo Europeo de Desarrollo, the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness through Quantum CCAA, TED2021-129654B-I00, EUR2022-134050, and CEX2019-000910-S [MCIN/AEI/10.13039/501100011033], MCIN, with funding from European Union's NextGenerationEU (PRTR-C17.I1), Fundacio Cellex, Fundacio Mir-Puig, Generalitat de Catalunya through CERCA, and 2021 SGR 01441.