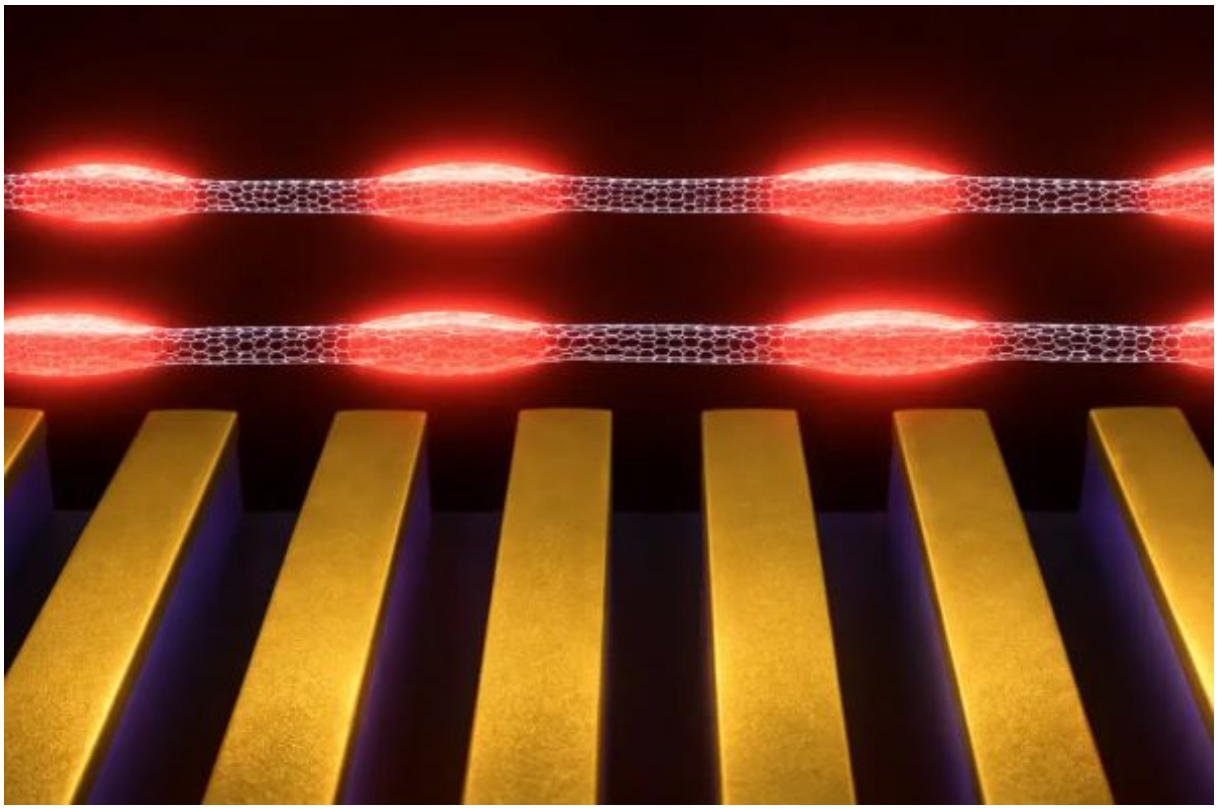


Dos nanotubos, un estado entrelazado: una nueva plataforma para simular la fisica electron-fonon

nvestigadores de la Universidad Autonoma de Barcelona (UAB) y del Instituto de Ciencias Fotonicas (ICFO) han propuesto una estrategia para entrelazar la configuracion electronica de dos nanotubos de carbono.
La plataforma, descrita en un estudio publicado recientemente en SciPost Physics, podria servir para simular interacciones electron-fonon fuertemente correlacionadas, como las que estan detras de la superconductividad no convencional.

November 05, 2026

¿Por que surgen fases cuanticas exoticas en los superconductores no convencionales? ?
Y por que los electrones se comportan de forma tan peculiar en el grafeno bicapa rotado?
a comunidad cientifica cree que las interacciones entre electrones y fonones (vibracion
s cuantizadas de la red atomica del material) juegan un papel clave en estos proceso

. Pero ¿como se desarrollan estas interacciones en un sistema de electrones fuerteme
te correlacionados? ¿Cual es su origen? ¿Y como afectan exactamente a las propie
ades fononicas y electronicas del material? Para responder a estas preguntas habria que ten
r en cuenta un numero enorme de particulas que interactuan de forma compleja con las d
mas, cada una con un gran numero estados cuanticos posibles, un numero que
rece exponencialmente con el de particulas. Simular este sistema en un ordenador clasi
o es simplemente invi
ble. Sin embargo, existe una alternativa: sustituir el software clasico por hardware cuantico. La idea consiste en usar un sistema cuantico bien conocido para reproducir la fisica de los superconductores no convencionales o del grafeno bicapa rotado. Este sistema debe presentar el mismo tipo de interacciones electron-fonon, pero de forma controlable en el laboratorio. Es lo que se conoce como simulador cuantico, y el reto esta en encontrar la plataforma adecuada para implementarlo.

El doctorando David Ullrich y la profesora ICREA Anna Sanpera, investigadores de la UAB, junto con la **Dra. Marta Cagetti**, el **Dr. Stefan Forstner** y el **Prof. Adrian Bachtold**, investigadores del ICFO, han propuesto ahora de forma teorica **una plataforma de simulacion cuantica para la fisica electron-fonon**. En un estudio publicado en SciPost Physics, el equipo predice que este sistema presenta **una fase entrelazada, la llamada fase de Bell,** que no aparece cuando hay un solo nanotubo.

En concreto, la plataforma consiste en suspender **dos nanotubos de carbono** y controlar sus estados electronicos mediante electrodos de puerta. Al aplicar voltajes con estos electrodos, aparece una serie de pozos de potencial a lo largo de los nanotubos. Estos pozos albergan estados cuanticos de electrones: son los llamados **puntos cuanticos**. Cada nanotubo tiene cuatro puntos y cuatro electrones para ocuparlos. Ademas, al estar suspendidos, los nanotubos pueden vibrar de modo que, a temperaturas extremadamente bajas, las vibraciones revelen su naturaleza cuantica: son los llamados **fonones**.

Los electrones pueden distribuirse entre los puntos de varias maneras, emparejandose o repartiendose entre ellos. El hallazgo clave del estudio es que las configuraciones electronicas de los dos nanotubos acaban entrelazadas por la interaccion entre los estados electronicos y los fononicos. Se trata de un estado de Bell genuinamente cuantico y con entrelazamiento maximo que aqui surge de forma natural como estado fundamental del sistema, es decir, el estado de menor energia posible.

Los investigadores reconocen que llevar esta plataforma a la practica no sera sencillo, sobre todo porque los dos tubos deben estar mas cerca el uno del otro que los puntos cuanticos contiguos de un mismo tubo. i¿½Nunca se han colocado dos nanotubos de carbono t
n juntosi¿½, explica la Dra. Marta Cagetti, investigadora del ICFO y coautora del artic
lo. i¿½Pero somos optimistas, porque pronto llegara un nuevo equipo al ICFO que nos per
itira mover los nanotubos con la precision necesaria, del orden de decenas de nanometr
si¿½. En el futuro, el equipo quiere estudiar que ocurre al anadir mas puntos cuanticos al

montaje o al acoplar el sistema a su entorno. Tambien quiere averiguar si los estados fononico de los dos tubos podrian entrelazarse. Una vez hecha realidad, la plataforma podria convertirse en una herramienta valiosa para la simulacion cuantica, principalmente dada su gran capacidad para ajustarse, que permitira modificar varios parametros durante la fabricacion, o in situ, en pleno experimento.

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

Agradecimientos:
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.