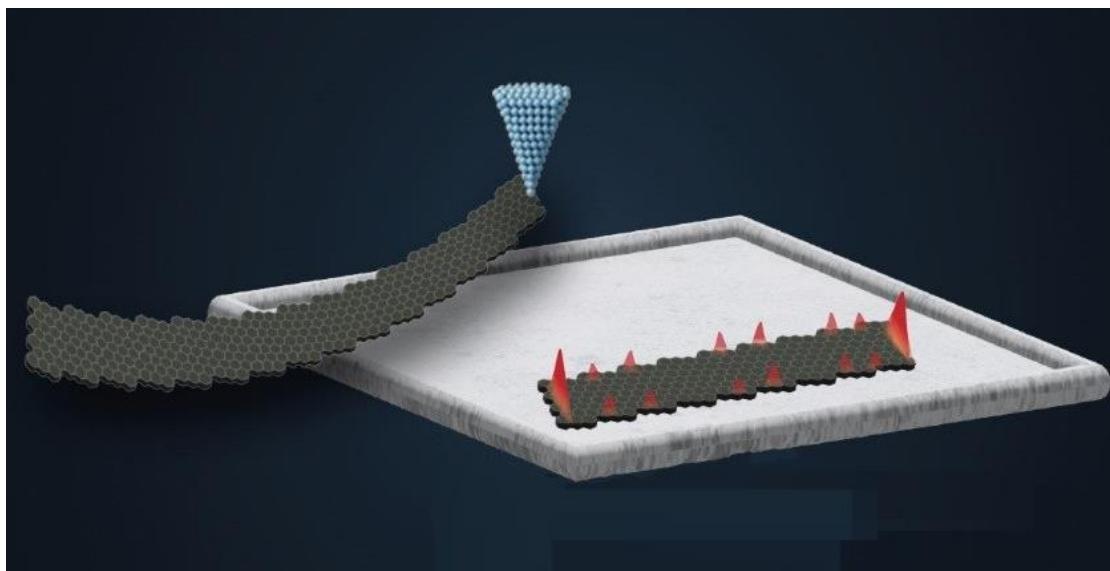


Madrid, miércoles, 9 de julio de 2025

Investigadores del CSIC crean bits cuánticos magnéticos de carbono activables con campos eléctricos

- Este trabajo es el primero en demostrar que una estructura hecha solo de carbono, un elemento abundante, puede comportarse como un bit cuántico magnético
- Además, estos bits cuánticos se pueden activar o desactivar mediante campos eléctricos externos, lo que abre la puerta al diseño de materiales cuánticos "a la carta"



Colocación de nanocintas de grafeno sobre un aislante para usarlas como bits cuánticos. / Serrate y Muttoni.

Investigadores del Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Zaragoza (Unizar), han logrado controlar por primera vez el comportamiento cuántico de unas estructuras diminutas, llamadas nanocintas, hechas de grafeno (un material compuesto por una sola capa de átomos de carbono).

El trabajo, liderado por el investigador del CSIC **David Serrate**, se ha publicado en *Nature Communications* y es el primero en demostrar que una estructura hecha únicamente de carbono puede comportarse como un bit cuántico magnético. Además, los científicos

han comprobado que el espín cuántico se puede activar o desactivar mediante campos eléctricos externos, abriendo nuevas posibilidades para diseñar materiales cuánticos "a la carta".

Este hallazgo representa un paso clave hacia la creación de bits cuánticos (cúbits) construidos únicamente con carbono. Con su trabajo, los investigadores han mostrado cómo controlar tanto la carga eléctrica como el magnetismo cuántico en fragmentos ultrafinos de grafeno.

Nanocintas

Estas estructuras, llamadas nanocintas, tienen un tamaño de apenas un nanómetro de ancho (mil veces más delgadas que un cabello humano) y entre 4 y 13 nanómetros de largo, y podrían usarse como bits cuánticos, es decir, las unidades básicas de los futuros ordenadores cuánticos.

Las nanocintas se fabrican mediante la unión espontánea de moléculas más simples cuyas conexiones han sido prediseñadas, como si fueran piezas de LEGO, mediante una técnica llamada "síntesis en superficie". Para que las nanocintas mantengan sus propiedades cuánticas, los científicos del INMA-CSIC-Unizar lograron aislarlas del metal en el que se forman, trasladándolas una por una a una superficie aislante de óxido de magnesio (MgO) con la ayuda de un microscopio de efecto túnel (imagen).

Al estar sobre esta superficie aislante, las nanocintas manifiestan el comportamiento cuántico que de ellas se esperaría teóricamente: contienen un número entero de electrones (la carga se cuantiza) y, para ciertas longitudes, generan un espín bien definido. El espín es la unidad mínima, o cuanto de información, para el caso de bits cuánticos magnéticos.

Ventajas de los cúbits orgánicos

El cúbit (o bit cuántico) es la unidad básica de información en un ordenador cuántico, y es el equivalente del bit clásico (que puede valer 0 o 1). La diferencia fundamental es que un cúbit puede estar en un estado 0, en un estado 1, o en una combinación de ambos a la vez. A esto se le llama superposición cuántica. Gracias a esta propiedad (y a otras como el entrelazamiento cuántico -un fenómeno en el que dos partículas quedan conectadas a distancia y lo que le ocurre a una afecta instantáneamente a la otra-), los ordenadores cuánticos pueden procesar grandes cantidades de información en paralelo, resolviendo ciertos problemas mucho más rápido que los ordenadores tradicionales.

Una de las grandes ventajas de los cúbits orgánicos, como los basados en nanocintas de grafeno, es que se pueden fabricar con mayor facilidad y a menor coste que los sistemas actuales, que suelen requerir materiales exóticos (como defectos en diamante, o moléculas encapsulando tierras raras) y condiciones extremas de baja temperatura. Además, al estar hechos de carbono, no están expuestos a errores de cálculo asociados al ruido magnético proveniente de los núcleos de átomos pesados, lo que los hace candidatos ideales para construir computadoras cuánticas más confiables y escalables.

Los cúbits utilizados actualmente en los ordenadores cuánticos suelen utilizar materiales especiales como superconductores o átomos atrapados con láseres. Estos sistemas necesitan funcionar a temperaturas muy cercanas al cero absoluto (273 grados bajo cero), en ambientes ultrafríos y con un aislamiento muy fuerte para evitar interferencias externas. Estas condiciones extremas son complicadas y caras de mantener, lo que limita la fabricación y el uso masivo de las computadoras cuánticas actuales.

Por eso, este avance liderado desde el Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA) representa un paso importante hacia ordenadores cuánticos más asequibles. y le coloca en un lugar destacado en el campo de materiales para la computación cuántica, que en las próximas décadas van a jugar un papel fundamental.

En esta investigación han colaborado el Nanogune, de San Sebastián, el Centro Singular de Investigación en Química Biológica y Materiales Moleculares (CiQUS) de la Universidad de Santiago de Compostela, junto con teóricos del Donostia International Physics Centre. La parte experimental se ha llevado a cabo íntegramente en el Laboratorio de Microscopías Avanzadas de Zaragoza.

Amelia Domínguez-Celorrio, Leonard Edens, Sofía Sanz, Manuel Vilas-Varela, José Martínez-Castro, Diego Peña, Véronique Langlais, Thomas Frederiksen, José I. Pascual & David Serrate. (2025). **Systematic modulation of charge and spin in graphene nanoribbons on MgO**. *Nature Communications* DOI: [10.1038/s41467-025-60767-5](https://doi.org/10.1038/s41467-025-60767-5)

INMA / CSIC Comunicación

comunicacion@csic.es