Del 4 al 8 de septiembre en Miraflores de la Sierra

Los nuevos materiales de la revolución cuántica protagonizan la XXIV Escuela Internacional de Verano Nicolás Cabrera

- Esta edición congrega a un centenar de participantes de trece países, entre ellos a los principales expertos internacionales en los llamados materiales *topológicos* y sus aplicaciones tecnológicas
- La investigación en estos nuevos materiales promete acelerar la llegada de toda una nueva generación de dispositivos electrónicos, incluyendo el ansiado ordenador cuántico, que superará en velocidad y capacidad de cálculo a los supercomputadores actuales más potentes
- Europa y las principales compañías de computación se posicionan ya con fuertes inversiones y programas de investigación en la *carrera* por la revolución de la tecnología cuántica

Madrid, 1 de septiembre de 2017.- Son "los materiales que harán posible la revolución tecnológica basada en la física cuántica". Así describen los organizadores de la XXIV Escuela Internacional de Verano Nicolás Cabrera a los materiales llamados topológicos, un área de la física nacida hace apenas unas décadas, pero que en los últimos años ha cobrado enorme fuerza. La investigación en materiales topológicos promete entre otras cosas acelerar la llegada de toda una nueva generación de dispositivos electrónicos, como el ansiado ordenador cuántico.

La Escuela –que organiza cada año el Instituto Universitario de Ciencias de Materiales Nicolás Cabrera de la Universidad Autónoma de Madrid con la colaboración de la Fundación BBVA– se celebra en la residencia La Cristalera, en la localidad madrileña de Miraflores de la Sierra, del 4 al 8 de septiembre. Bajo el título *Quantum transport in topological materials*, esta edición congrega a un centenar de participantes de trece países, entre ellos a los principales expertos internacionales en materiales topológicos y sus aplicaciones tecnológicas. "Es un número especialmente alto que creemos que responde al gran interés que suscita el área", afirma Elsa Prada, investigadora Ramón y Cajal en el IFIMAC-Centro de Física de la Materia Condensada, en la Universidad Autónoma de Madrid.

Prada recuerda que la Comisión Europea lanzará en 2018 una de sus iniciativas Flagship, dotada con 1.000 millones de euros, para promover la investigación y el desarrollo de las tecnologías cuánticas, que serán el fruto de un tipo de investigación básica liderada en gran medida por Europa en las últimas décadas. El anuncio del lanzamiento de la Flagship se acompañó el año

pasado de un Manifiesto Cuántico firmado por 3.400 líderes de la ciencia, la industria y la gestión científica europeas, resaltando la importancia de que Europa "permanezca al frente de la segunda revolución cuántica".

Mientras tanto, compañías como Microsoft, Google e IBM cuentan con potentes grupos de investigación en tecnologías cuánticas, con el objetivo final de disponer de un ordenador que funcione "de manera completamente diferente de los ordenadores actuales", explica Pablo San-José, investigador del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y ponente de la Escuela. "Un ordenador cuántico tiene la capacidad teórica de llevar a cabo un número infinito de cálculos simultáneamente, y por tanto de resolver problemas hoy imposibles de abordar".

San-José percibe el grado de actividad en el área como "una carrera". Recuerda que el pasado junio la revista *Science* publicó los resultados de la primera transmisión cuántica de información por satélite, lograda por China, el primer paso hacia la creación de una red global de comunicación cuántica a prueba de *hackers*. Prada asegura que "los materiales topológicos jugarán sin duda un papel fundamental en esta revolución cuántica".

Materiales con propiedades exóticas

Los materiales topológicos no dejan de sorprender a los físicos por sus exóticas propiedades, que tienen un extraordinario potencial tecnológico. Los más conocidos se descubrieron hace alrededor de una década y son los aislantes topológicos, que por dentro son tan aislantes como la madera o el plástico pero en su superficie conducen la electricidad como un metal perfecto (sin pérdidas). Con ellos han cambiado los libros de texto: ahora los materiales ya no se clasifican solo en aislantes, metales y semiconductores, sino que hay que añadir la nueva familia topológica.

"Desde el descubrimiento de los aislantes topológicos, el campo se ha expandido rápidamente; se han hallado también superconductores topológicos y los llamados semimetales de Weyl", explican los también co-organizadores de la Escuela Eduardo Lee y Alfredo Levy Yeyati, del IFIMAC-Centro de Física de la Materia Condensada. El Nobel de Física de 2016 fue concedido a los pioneros en el estudio de los materiales topológicos, de los que ya se conocen un centenar.

"Las propiedades que caracterizan a un material se pueden comprender a través del estudio de su estructura interna, lo que llamamos sus bandas de energía", explica Prada. "En un material topológico, las bandas de energía mantienen su forma general incluso cuando sufren una deformación suave, de la misma manera que un dónut de goma puede estirarse y retorcerse, pero su topología, es decir el número de sus agujeros, no cambia si el donut no se rompe". Esta resistencia a las deformaciones hace que los materiales

topológicos sean robustos ante perturbaciones que sí afectan a los materiales convencionales, como el aumento de la temperatura o las impurezas.

En los años setenta, empezó a observarse que algunos materiales dispuestos en finas láminas o filamentos tienen un comportamiento magnético con características topológicas, en el sentido de que no es posible cambiarlo con perturbaciones suaves. Por ejemplo, el comportamiento magnético de los materiales depende de una propiedad de los electrones llamada espín, representable como una flecha que apunta en cierta dirección; en algunos materiales pueden aparecer vórtices en la distribución de los espines, y estos remolinos no se alteran ni se destruyen al cambiar suavemente las direcciones de los espines (como tampoco los agujeros del dónut).

Sin embargo, también se descubrió que bajo condiciones muy específicas, como a temperaturas próximas al cero absoluto, estas características topológicas se pueden manipular. Esto abre la posibilidad a sintetizar materiales con infinidad de aplicaciones, entre ellas la de codificar información en hipotéticos qubits, los bits de un ordenador cuántico. El hecho de que sea tan complejo alterar las características topológicas hace que cualquier sistema basado en ellas –ya sean nanocables superconductores o qubits– sea muy robusto, resistente a defectos o interferencias externas.

Ordenador cuántico topológico

"En la Escuela hemos querido cubrir todas las clases de materiales topológicos, tanto desde el punto de vista teórico como experimental", señala Prada. Los materiales topológicos potencialmente útiles para un futuro ordenador cuántico son los superconductores topológicos. En 2012 se demostró que es posible construir, empleando superconductores topológicos, una cuasipartícula de Majorana, que es un conjunto de partículas con propiedades equiparables a las de las partículas elementales Majorana, predichas hace casi un siglo pero nunca detectadas. Estas propiedades son potencialmente muy útiles de cara a almacenar información en qubits estables –hoy día, los qubits más longevos duran milisegundos–. La información en este tipo de qubits se programaría manipulando la posición de los Majorana.

En la Escuela interviene Hao Zhang, de la Delft University of Technology y el Centro de Investigación Avanzada de Tecnologías Cuánticas QuTech, cuyo grupo es pionero en la detección de cuasipartículas de Majorana. Este mes de agosto Zhang ha publicado en *Nature* un resultado que demuestra que además de construir Majoranas es posible también manipularlas. El grupo de Zhang fabrica y programa chips electrónicos sobre los que monta hasta una decena de qubits (que aún no son de tipo topológico), y han establecido una colaboración con Microsoft, que instalará un laboratorio en Delft. Leo P. Kouwenhoven, director del grupo, cree que en unos 10 años tendrán sistemas lo bastante eficaces como para poder resolver problemas con ellos.

También es experto en Majoranas San-José. Uno de sus resultados más importantes ha sido la demostración, el pasado año, de que se pueden obtener partículas de Majorana en grafeno –que es también un material topológico-. En la Escuela, San-Jose presentará una plataforma de cálculo numérico para simular el comportamiento topológico de los materiales.

Cables perfectos y grafeno 3D

En la Escuela se abordan por supuesto también los aislantes topológicos, que permitirían construir cables perfectos –los cables tradicionales disipan energía por la resistencia que opone el material al paso de los electrones–. En ellos, y también en los semimetales de Weyl, que son una versión tridimensional del grafeno, es experta Claudia Felser, directora del instituto Max Planck para la Química Física del Estado Sólido en Dresden. Felser investiga en la frontera entre la química y la física, a menudo en colaboración muy estrecha con la industria diseñando nuevos materiales con propiedades de interés para la generación y almacenamiento de energía, como nuevos materiales termoeléctricos o para células solares.

En investigación teórica destaca otro de los participantes en la Escuela de Verano, Yuval Oreg, del Instituto Weizmann, en Israel. Yuval y otros colaboradores propusieron uno de los modelos que más han contribuido a la creación y detección de superconductividad topológica y estados de Majorana: los nanohilos semiconductores de Majorana. Otros ponentes, como Pablo San-José, han avanzado en su investigación basándose en estos trabajos de Oreg, que en la escuela abordará la búsqueda de nuevos estados topológicos de la materia y su interés tecnológico para la fabricación de un posible ordenador cuántico protegido topológicamente.

Por su parte Jörg Schäfer, de la Universidad de Würzburg, en Alemania, presentará el bismuthene, un nuevo material similar al grafeno, que se ha convertido en la estrella de las últimas décadas por sus asombrosas propiedades –son láminas de carbono de solo un átomo de grosor, pero 200 veces más resistentes que el acero–. El bismuthene está hecho con bismuto en lugar de carbono, y algunas de sus peculiares características podrían incluso mostrarse a temperatura ambiente.

Para más información, puede ponerse en contacto con el Dpto. de Comunicación y Relaciones Institucionales de la Fundación BBVA (91 374 52 10 / 91 374 31 39) / comunicacion@fbbva.es) o consultar en la *web* www.fbbva.es