

## Investigadores de la Complutense logran nuevos materiales aislantes y superconductores que conservan sus propiedades cuánticas a temperaturas altas

Los trabajos, publicados en la revista *Physical Review Letters*, suponen un gran avance para las nuevas tecnologías emergentes, como la spintrónica, la fotónica y la computación cuántica

Madrid, 11 de septiembre de 2014. Tres investigadores del Grupo de Información y Computación Cuántica (GICC) de la Universidad Complutense de Madrid –Óscar Viyuela, Ángel Rivas y Miguel Ángel Martín-Delgado– han logrado por primera vez materiales aislantes y superconductores de tipo topológico que conservan sus propiedades cuánticas a temperatura finita no nula o en presencia de entornos disipativos. Hasta ahora se pensaba que los efectos térmicos o disipativos eran tan nocivos que estos materiales perdían sus sobresalientes propiedades de transporte de carga y spin (campo magnético). El resultado de la investigación, publicado en dos artículos de la revista *Physical Review Letters* (*Phys Rev Lett*), representa un gran avance para la consecución de materiales topológicos suficientemente robustos frente a diversos tipos de ruido externo: térmico, disipativo, etc. Estos materiales son de aplicación en las nuevas tecnologías emergentes, como la spintrónica, la fotónica y la computación cuántica. Para que estas aplicaciones sean posibles, es necesario saber controlar los efectos perturbadores del ruido externo y esto es lo que se ha conseguido con estos estudios.

Los aislantes topológicos constituyen una nueva fase cuántica de la materia, distinta de los materiales tradicionales de tipo semiconductor o metales. En un aislante topológico, los electrones de su interior no conducen la electricidad por ser un aislante ordinario, mientras que los electrones que aparecen en sus bordes (ver Fig.1) se comportan como un metal y son conductores tanto de electricidad como de campos magnéticos. Este tipo de bordes conductores no tienen precedente en física de materiales. Además, el carácter topológico significa que son corrientes protegidas frente a perturbaciones del ambiente. Esta robustez les confiere nuevas aplicaciones no previstas anteriormente.

De forma similar, un superconductor topológico es un material que se comporta como un superconductor en su interior (es decir, conduce la corriente eléctrica sin resistencia) y, de nuevo en el borde del material, contiene partículas exóticas llamadas ‘electrones de Majorana’, debido al físico Ettore Majorana que las predijo en 1937 en el contexto de la física de partículas elementales y que aún no han sido observadas. Estos electrones tienen propiedades distintas a los electrones normales y se pueden utilizar para construir ordenadores cuánticos robustos frente al ruido externo. En definitiva, estos materiales topológicos presentan nuevos comportamientos y abren nuevos horizontes de aplicaciones.

A pesar de haber sido extensamente estudiados para el caso ideal de temperatura cero, la creencia habitual es que estos materiales pierden súbitamente sus propiedades topológicas y cuánticas conforme el sistema se calienta. Sin embargo, los investigadores de la Complutense

han encontrado un mecanismo para extender el orden topológico a situaciones con temperatura finita (con calor no nulo), es decir, “en las condiciones térmicas naturales a las que se enfrentan los científicos experimentales en la vida real”. (Ver fig. 1).

Se trata de un logro perseguido desde el descubrimiento de la materia topológica y supone el primer método para mantener el carácter cuantizado de los números topológicos característicos de estos materiales. Los investigadores de la UCM muestran nuevas transiciones de fases topológicas no triviales, guiadas únicamente por un cambio térmico. Los autores muestran también que **existe siempre una temperatura crítica por encima de la cual la fase topológica desaparece de manera abrupta.** (Ver fig 2).

En el primer artículo, los autores consiguieron construir materiales topológicos en forma de cables lineales, lo que supone un salto cualitativo sin precedentes, aunque aún quedaba por construir materiales de este tipo más complejos. En el segundo, ya se han logrado materiales en forma de capas planas cuyos bordes conducen corrientes de carga eléctrica y campo magnético.

El proyecto ha sido financiado por varias instituciones; entre ellas, el programa Quantum Information Technologies in Madrid (QUITEMAD) de la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Economía y Competitividad y la Comisión Europea (PICC).

Artículos publicados en la revista *Phys Rev Lett* de la American Physical Society:

[1] O. Viyuela, A. Rivas, M.A. Martin-Delgado, “Two-dimensional density-matrix topological fermionic phases: Topological Uhlmann numbers”, [Phys. Rev. Lett. 113, 076408 \(2014\)](#).

[2] O. Viyuela, A. Rivas, M.A. Martin-Delgado, “Uhlmann phase as a topological measure for one-dimensional fermion systems”, [Phys. Rev. Lett. 112, 130401 \(2014\)](#).

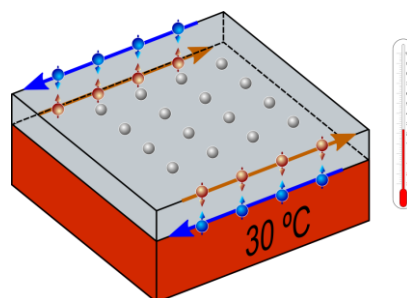


Figura 1 (se adjunta en formato jpg): Transporte de estados de borde de carga y de spin en un material aislante topológico expuesto a un foco térmico caliente.

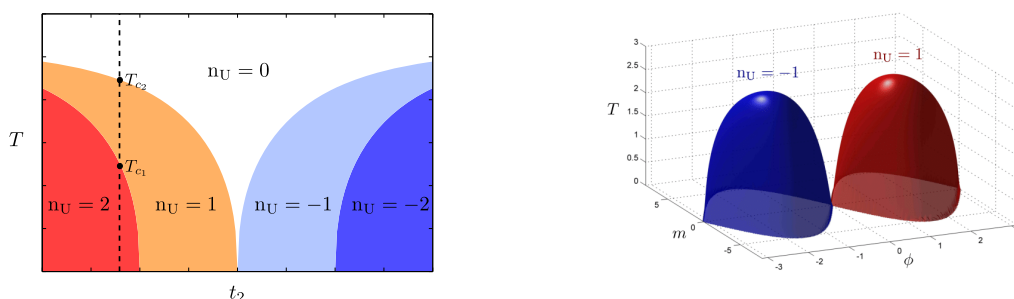


Figura 2 (se adjunta en formato jpg): Diagramas de fase de los nuevos materiales mostrando los números cuánticos topológicos como función de la temperatura T. Cada color representa una nueva fase topológica a temperatura finita.

**Dirección de Comunicación**  
**Universidad Complutense de Madrid**  
**Teléfono: 91 394 36 06**  
[gprensa@ucm.es](mailto:gprensa@ucm.es)