

Investigadores del ICMAB identifican vibraciones atómicas en la frontera entre dos materiales que podrían explicar una forma de superconductividad

- **Las vibraciones se localizan en la interfaz entre dos materiales y podrían estar implicadas en el mecanismo que permite que la electricidad fluya sin pérdidas**

Cerdanyola del Vallès, 15 de septiembre de 2026 - La superconductividad es una de las principales áreas de investigación en materiales en la actualidad por su gran potencial para la transición energética. A pesar de décadas de investigación, todavía no está completamente claro por qué algunas interfaces entre materiales desarrollan esta propiedad. Ahora, un equipo internacional en el que participan investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha identificado, por primera vez, un conjunto de vibraciones atómicas que aparecen únicamente en estas interfaces y que podrían desempeñar un papel importante en este fenómeno. Los resultados del estudio se han publicado en *Nature Materials*.

Esta investigación se ha llevado a cabo en colaboración con la University of Chinese Academy of Sciences, el Nanomaterials and Nanotechnology Research Center (un centro en el que participa la Universidad de Oviedo), el Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología, la École Supérieure de Physique et de Chimie de Paris y la Chalmers University of Technology.

Una nueva pieza de un rompecabezas científico

La superconductividad es un fenómeno en el que algunos materiales pueden conducir corriente eléctrica sin resistencia y, por tanto, sin pérdidas de energía. Aunque se conoce desde hace más de un siglo, la comunidad científica todavía debate los mecanismos que la provocan en algunos materiales. Uno de los ejemplos más intrigantes es el fenómeno que aparece en la frontera entre determinados óxidos: una capa de tan solo unos pocos átomos de espesor en la que emergen propiedades que no existen en ninguno de los dos materiales por separado.

Los autores de este estudio han investigado dos óxidos que, por sí solos, son aislantes, pero que se sabe desde hace tiempo que, cuando se unen, generan una interfaz de tan solo unos pocos átomos de anchura que se vuelve superconductora. «Son dos rocas aburridas que, por sí solas, son aislantes, pero cuando entran en contacto generan una interfaz que es conductora y, a temperaturas muy bajas, incluso superconductora», explica Jaume Gázquez, uno de los autores del estudio.

Desde hace tiempo se sabe que las vibraciones de la red atómica pueden desempeñar un papel importante en la aparición de la superconductividad. Ahora, los resultados de este trabajo muestran que la red atómica vibra de forma diferente precisamente donde los dos materiales entran en contacto. Esta vibración queda confinada en la misma región de la interfaz donde aparece la superconductividad. Esta correlación sugiere que estas vibraciones podrían estar relacionadas con el fenómeno.

Este hallazgo, por sí mismo, no demuestra el origen de la superconductividad, pero proporciona una información importante para comprenderla. Los investigadores en materiales saben desde hace tiempo que las vibraciones atómicas pueden influir en el comportamiento de los electrones. «Los átomos vibran de una manera especial en la interfaz, pero no lo hacen lejos de ella. Esto no se había identificado nunca antes; es algo nuevo y muy relevante», añade el investigador Gervasi Herranz.

Un paso más hacia la comprensión de la superconductividad

A pesar de la importancia del descubrimiento, los investigadores subrayan que el trabajo, por sí solo, no resuelve el misterio de estas interfaces conductoras. En cambio, proporciona información que hasta ahora no estaba disponible y que podría ayudar a aclarar los mecanismos implicados en la formación de los llamados pares de Cooper: pares de electrones que se forman en algunos materiales bajo condiciones especiales y que hacen posible transportar la electricidad sin pérdidas.

Para que aparezcan los pares de Cooper, algún mecanismo debe promover el emparejamiento de los electrones. Una hipótesis es que las vibraciones atómicas puedan estar implicadas. La nueva observación refuerza esta posibilidad, aunque no lo demuestra de forma concluyente: «No podemos establecer inequívocamente que la superconductividad en este caso esté causada por este modo de la interfaz», explica Gervasi Herranz. «Pero lo que es muy importante es que esto no se había identificado nunca antes.»

Los investigadores creen que esta observación proporciona una nueva pista para comprender cómo emerge este comportamiento en sistemas como estos, en los que los electrones están confinados en capas extremadamente delgadas. Además, los autores continúan estudiando este fenómeno en otros materiales, y puede que no sea exclusivo de la combinación investigada aquí. «Es una pieza de un rompecabezas que todavía está incompleto», resume Jaume Gázquez.

Ver cómo se mueven los átomos: un reto que hasta hace poco era imposible

Un aspecto importante de la relevancia de este trabajo es la metodología. Para observar estas vibraciones, los autores han utilizado microscopía electrónica avanzada con una resolución suficiente para estudiar el comportamiento de átomos individuales y, en particular, sus modos vibracionales locales. Esto ha permitido observar diferencias locales que las técnicas convencionales solo podían detectar a escala global.

Poco antes de esta publicación, un equipo formado prácticamente por los mismos investigadores había presentado una metodología capaz de observar la estructura electrónica átomo por átomo. Ahora, este mismo compromiso con la resolución a escala atómica también permite estudiar las vibraciones atómicas con un nivel de detalle sin precedentes.

Los investigadores esperan aplicar este enfoque a otros sistemas superconductores para determinar si estos modos vibracionales de la interfaz son un fenómeno general o una característica particular de este tipo de material.

Artículo de referencia

Electron–phonon coupling and symmetry breaking in superconducting oxide interfaces near ferroelectric quantum criticality

Guzman, R., Pruneda, M., Nery, J. P., Xu, M., Li, A., Wittemeier, N., Li, A., Singh, G., Bergeal, N., Kalaboukhov, A., Herranz, G., Gazquez, J., & Zhou, W.

Nature Materials, 2026

DOI: [10.1038/s41563-026-02647-x](https://doi.org/10.1038/s41563-026-02647-x)