

Descubren sistemas cuánticos capaces de detectar su propio tamaño

- Un grupo de investigadores, entre los que se encuentra David Pérez-García (Universidad Complutense de Madrid - ICMAT), diseña un nuevo sistema cuántico que puede modificar sus propiedades en función del tamaño
- El artículo, que se publica hoy en la revista PNAS, tiene importantes implicaciones en las técnicas que se emplean para estudiar los materiales cuánticos

Madrid, 19 de diciembre de 2017. Muchos sistemas cambian sus propiedades cuando se modifica alguno de sus parámetros. Por ejemplo, el agua se convierte en hielo cuando baja su temperatura. En sistemas con temperatura cero, cuya física obedece a las leyes de la mecánica cuántica, estos cambios de fase son provocados por cambios en alguno de los parámetros, como la intensidad de un campo magnético externo. Pero, según el artículo *Size-driven quantum phase transitions*, publicado hoy en la revista PNAS, también el tamaño del sistema puede generar un cambio de fase: **un equipo internacional de investigadores –entre los que figura David Pérez-García (Universidad Complutense de Madrid - ICMAT)– muestra, por primera vez, la existencia de sistemas que pasan de un comportamiento clásico a uno cuántico al modificar tan solo su extensión.**

Los tamaños que provocan la transición del sistema se pueden fijar en cualquier orden de magnitud, desde uno microscópicamente pequeño a uno tan grande como el número de átomos del universo. Gracias a una construcción matemática muy sofisticada, los investigadores han diseñado estos sistemas con parámetros realistas. “Los que hemos propuesto obedecen a las leyes de la física clásica en tamaños pequeños. Al incrementar el tamaño hasta llegar al punto crítico, hay un salto inesperado y el sistema pasa a reproducir uno de los comportamientos cuánticos más exóticos. Así, se convierte en un *sistema ordenado topológicamente*”, explica **Johannes Bausch**, de la Universidad de Cambridge, uno de los autores del estudio.

Los sistemas con orden topológico son interesantes ya que sus propiedades a baja temperatura dependen de las llamadas *propiedades topológicas* del material. Estas son aquellas que se mantienen estables bajo *deformaciones continuas* (es decir, que no suponen ni cortar ni pegar). De esta manera, una taza y un donut son objetos topológicamente equivalentes, pues [se puede convertir uno en el otro](#), y mantienen su número de agujeros, que es una propiedad topológica. La estabilidad de los sistemas ordenados topológicamente los convierte en candidatos a ser memorias cuánticas.

NOTA DE PRENSA

¿Es el infinito una buena idealización de lo enorme?

Gran parte del conocimiento teórico actual sobre materiales cuánticos, como los superconductores de alta temperatura, se obtiene a partir de simulaciones numéricas. El tiempo de computación y la memoria disponibles limitan las simulaciones a un número de partículas, mucho menor que el que habitualmente está presente en los materiales.

Para sortear esta dificultad, se analiza un número creciente de partículas y se extrapolan los datos numéricos hasta el caso límite de un número infinito de partículas, el llamado límite termodinámico. “Nuestros modelos muestran ejemplos concretos en los que este enfoque puede fallar, ya que las propiedades del material podrían cambiar justo por encima de los límites del ordenador”, reflexiona **Toby Cubitt**, investigador de la University College London (UCL). “Y al revés, si la transición sucede en un tamaño superior al número de partículas del material, es posible que éste muestre un comportamiento clásico, muy distinto del comportamiento cuántico que se predeciría erróneamente usando el límite termodinámico. Esto cuestiona cuál es la manera correcta de hacer una extrapolación de los datos numéricos”, prosigue.

Medir lo indecible

La existencia de transiciones de fase provocadas por el tamaño fue predicha, de manera abstracta, como una de las consecuencias de la [indecidibilidad del gap espectral](#), demostrada por algunos de los investigadores que firman este artículo. “Por definición, los problemas indecibles no se pueden comprobar experimentalmente. En este sentido, las transiciones de fase debidas al tamaño pueden considerarse como un efecto medible de la existencia de preguntas indecibles en mecánica cuántica”, afirma **David Pérez-García** (Universidad Complutense - ICMAT).

“En este artículo hemos dado pasos importantes para poder realizar observaciones experimentales de estos efectos indecibles, construyendo modelos sencillos cuyos parámetros entran dentro de las capacidades de experimentación previstas en un futuro cercano”, concluye **Michael Wolf**, de la Universidad Técnica de Múnich.

Patrones de baldosas

El sistema cuántico diseñado por los autores presenta propiedades clásicas o cuánticas dependiendo de los recubrimientos que se puedan formar usando baldosas cuadradas con los bordes coloreados, con la restricción de que las baldosas adyacentes tienen que tener el mismo color en el borde que comparten. El tamaño al cual el patrón de baldosas empieza a repetirse de forma periódica da el tamaño crítico al que se produce la transición del estado clásico al cuántico.

El número de colores de los azulejos determina la complejidad de realizar de forma experimental el sistema propuesto. “El problema es obtener repeticiones

periódicas con periodos largos usando un número reducido de colores. Para ello usamos una técnica basada en propiedades de los números primos”, añade el coautor **Angelo Lucia**, de la Universidad de Copenhague.

Esta investigación ha recibido fondos de la Academia Nacional de Ciencias Alemana, el Consejo de investigación de Ciencias Físicas e Ingeniería (EPSRC), la Royal Society (Reino Unido), el Consejo de Investigación Independiente Danés (Sapere Aude), el Villum Kann Rasmussen Fonden, la Fundación John Templeton Foundation, el Ministerio de Economía y Competitividad español (MINECO), la Comunidad de Madrid y el Consejo Europeo de Investigación (ERC).

Han participado las siguientes instituciones: Universidad de Cambridge, UCL, Universidad de Copenhague, Universidad Complutense de Madrid, ICMAT (Instituto de Ciencias Matemáticas, centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y tres Universidades de Madrid: Autónoma, Carlos III y Complutense), así como la Universidad Técnica de Munich.

Referencia: Johannes Bausch, Toby S. Cubitt, Angelo Lucia, David Pérez-García, Michael M. Wolf, ‘Size-driven quantum phase transitions’, publicado en PNAS el 19 de diciembre de 2017.

Más información y entrevistas:

Para obtener una copia del artículo y para contactar con los investigadores, por favor, contacten con

Oficina de Prensa ICMAT

- Ágata Timón: 91 299 97 00, agata.timon@icmat.es

Oficina de Prensa UCM

- 913 943 606. gprensa@ucm.es