

Hoy en *Nature*: Gödel y Turing irrumpen en la física cuántica

Prueban que un problema de física cuántica es irresoluble

- **Un problema matemático que subyace en preguntas fundamentales de la física cuántica y de partículas es *indecible*.**
- **El resultado, que se publica hoy en la revista *Nature*, lo firman investigadores de la Universidad Complutense de Madrid - ICMAT, del University College of London y de la Universidad Técnica de Múnich.**
- **Es la primera vez que se demuestra este tipo de limitación fundamental en un problema físico importante.**

Madrid, 4 de diciembre de 2015. El *problema del gap espectral*, una cuestión central en física cuántica y de partículas, no tiene solución de forma general. Un grupo de investigadores de la Universidad Complutense de Madrid (UCM)-Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), del *University College of London (UCL)*, y de la Universidad Técnica de Múnich, han demostrado en un artículo publicado hoy en *Nature* que aunque se disponga de una descripción completa de las propiedades microscópicas de un material, no siempre se puede predecir su comportamiento macroscópico.

El *gap* espectral representa la energía necesaria para transferir un electrón de un estado de baja energía a un estado excitado. Por ejemplo, un *gap* espectral pequeño es la propiedad central de los semiconductores. De forma similar, esta cantidad juega un papel importante en muchos otros materiales. Cuando el *gap* espectral se hace pequeño, es decir, *se cierra*, el material puede cambiar a otro estado totalmente diferente (lo que ocurre, por ejemplo, cuando un material se convierte en un súper conductor).

“La posibilidad de extrapolar la descripción microscópica del material a las propiedades del sólido es una de las herramientas más importantes en la búsqueda de materiales superconductores a temperatura ambiente o con otras propiedades de interés”, afirma uno de los autores del estudio, David Pérez García, investigador de la UCM y miembro del ICMAT. El estudio publicado hoy en *Nature* muestra una limitación fundamental en este enfoque. Usando matemáticas sofisticadas, los autores han demostrado que, aun disponiendo de una descripción microscópica completa de un material cuántico, determinar si tiene o no *gap* espectral es un problema *indecible*.

“Alan Turing es conocido por su papel en la descodificación de la máquina Enigma”, cuenta Toby Cubitt, investigador del *University College of London* (UCL) *Computer Science*, también autor del resultado. “Pero dentro de la comunidad matemática e informática, es mucho más famoso su trabajo en lógica: demostró que algunas preguntas matemáticas son indecibles. Es decir, no son ni ciertas ni falsas. Simplemente están más allá del alcance de las matemáticas. Nosotros hemos demostrado que el *gap* espectral es uno de esos problemas, lo que significa que no puede existir un método general para determinar si un sistema, descrito mediante la mecánica cuántica, tiene o no tiene *gap* espectral. Esto limita el alcance que pueden tener nuestras predicciones de los materiales cuánticos, e incluso de la física de partículas elementales”.

Un millón de dólares que ganar

El problema más famoso sobre el *gap* espectral es determinar si la teoría que gobierna las partículas elementales de la materia (el llamado modelo estándar de la física de partículas) tiene un *gap* espectral. Los experimentos de física de partículas, como los que se desarrollan en el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas Elementales), y las simulaciones en supercomputadores, indican que sí existe, en este caso, un *gap* espectral. Sin embargo, todavía no hay una demostración matemática de la cuestión, conocida como la conjetura del salto de masa de Yang-Mills. Quién la encuentre recibirá un millón de dólares de premio del Instituto Clay de Matemáticas, que seleccionó el problema como uno de los siete problemas del Milenio.

“Hay casos particulares del problema que sí tienen solución, aunque la formulación general sea indecible, por lo que aún es posible que alguien gane el millón de dólares. Pero nuestro resultado abre la posibilidad de que algunos de los grandes problemas de la física teórica no tengan solución”, añade el investigador Toby Cubitt (UCL).

“Desde los trabajos de Turing y Gödel en la década de 1930 se sabe que, en principio, podían existir problemas indecibles”, afirma Michael Wolf, investigador de la Universidad Técnica de Múnich. “Pero, hasta el momento esto solo afectaba a la teoría de la computación y la lógica matemática más abstractas. Nadie había considerado seriamente que estas ideas pudieran afectar al corazón de la física teórica”, prosigue. “Desde una perspectiva filosófica, el resultado también cuestiona la visión reduccionista de la realidad, porque la dificultad insalvable del problema radica en pasar de la descripción microscópica a las propiedades macroscópicas”.

No todo son malas noticias

“Pero no todo son malas noticias”, afirma David Pérez-García (UCM-ICMAT) “Nuestros resultados también predicen la existencia de sistemas cuánticos con propiedades no observadas todavía. Por ejemplo, nuestro trabajo muestra que el añadir una sola partícula a un cúmulo de materia puede, en principio hacer cambiar radicalmente sus propiedades. La historia de la física nos enseña que, a menudo, propiedades nuevas y exóticas como esta se traducen, antes o después, en avances tecnológicos”, concluye.

Ahora, los investigadores quieren ver si sus resultados se pueden extender más allá de los modelos matemáticos artificiales sobre los que han trabajado, a materiales cuánticos más realistas que puedan producirse en el laboratorio.

Referencia

Toby S. Cubitt, David Pérez-García, Michael M. Wolf, 'Undecidability of the Spectral Gap', se publicará en Nature el 10 de diciembre de 2015 y está embargado hasta las 1800 London time / 1300 US Eastern Time del 10 de diciembre de 2015.

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad español (MINECO), el gobierno regional de Madrid, el European Research Council (ERC), la John Templeton Foundation, y la Royal Society (UK).

Contacto:

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
- Ignacio F. Bayo: 91 742 42 18, matemáticas@divulga.es
- Lucia Durbán: 91 742 42 18, lucia@divulga.es

Sobre las instituciones participantes

El **ICMAT** es un centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y tres universidades de Madrid: la Autónoma (UAM); Carlos III (UC3M); y Complutense (UCM). Su principal objetivo es el estímulo de la investigación matemática de alta calidad y de la investigación interdisciplinar. Es uno de los 23 centros españoles del programa de excelencia Severo Ochoa, lo que acredita la alta calidad de su proyecto investigador. Además, sus investigadores han obtenido diez de las prestigiosas ayudas del Consejo Europeo de Investigación (ERC), en las modalidades 'Starting' y 'Consolidator'.

Twitter: www.twitter.com/_ICMAT y en [Facebook](#)

La **Universidad Complutense de Madrid** (UCM) es una institución de larga trayectoria y amplio reconocimiento social que aspira a situarse entre las primeras universidades de Europa y a consolidarse como centro de referencia en el continente latinoamericano. Posee un gran potencial investigador en el que muchos de sus grupos ocupan posiciones de liderazgo internacional. La Complutense apuesta por desarrollar polos de excelencia basados en la calidad y en el impulso de equipos emergentes que integren jóvenes investigadores. La UCM es una universidad pública de calidad al servicio de la sociedad que ofrece a sus estudiantes unas titulaciones de grado y posgrado que gozan de amplia aceptación en el ámbito laboral.

La **University College of London** fue fundada en 1826. Después de Oxford y Cambridge, fue la primera universidad inglesa y la primera en ofrecer educación a aquellos que previamente habían sido excluidos, así como la primera en ofrecer formación sistemática en derecho, arquitectura y medicina. Actualmente se encuentra entre las primeras universidades del mundo, como se muestra en diferentes rankings internacionales. La UCL tiene alrededor de 35.000 estudiantes de más de 150 países, y unas 11.000 personas contratadas. Su presupuesto anual es de más de un mil millones de libras.

Contacto: Rebecca Caygill, T: +44 (0)20 3108 3846 / +44 (0)7733 307 596, E: r.caygill@ucl.ac.uk www.ucl.ac.uk | Follow us on Twitter [@uclnews](https://twitter.com/uclnews) | Watch our YouTube channel [YouTube.com/UCLTV](https://www.youtube.com/UCLTV)