

Puntos de interés

Descripción breve y sencilla de iniciativas docentes en nuestros colegios e institutos que han de ser resaltadas, de investigaciones relevantes de autores españoles o de extranjeros en instituciones españolas, y de otros hechos interesantes sobre ciencia y enseñanza, políticas educativa y científica y sus actores¹

LAS FLUCTUACIONES CUÁNTICAS SOSTIENEN AL SUPERCONDUCTOR RÉCORD

Llegar a conseguir superconductividad a temperatura ambiente es uno de los mayores sueños de la física. Los recientes descubrimientos de superconductividad, primero, a -73 °C en sulfuro de hidrógeno y, después, a -23 °C en LaH_{10} , han demostrado que los compuestos de hidrógeno pueden ser superconductores de alta temperatura. El problema es que ambos descubrimientos han sido realizados a

temperatura en LaH_{10} , un superhidruro formado por lantano e hidrógeno, fue predicha teóricamente en 2017. Estos cálculos sugirieron que, por encima de 230 gigapascales, podría formarse un compuesto LaH_{10} altamente simétrico (grupo espacial Fm-3m), en el que una jaula de hidrógeno envuelve los átomos de lantano (ver figura). Se calculó que esta estructura podría distorsionarse a presiones más bajas, y romper la estructura altamente simétrica. Sin embargo, en experimentos llevados a cabo en 2019, se pudo sintetizar el compuesto altamente simétrico a presiones mucho menores, entre 130 y 220 gigapascales, y se pudo medir la superconductividad en torno a -23 °C en todo este rango de presión. Dada la contradicción entre las presiones predichas teóricamente y los resultados experimentales, la estructura cristalina del superconductor récord y, por consiguiente, su superconductividad estaban sin esclarecer.

Gracias a un artículo publicado recientemente en la revista *Nature* (DOI: 10.1038/s41586-020-1955-z) por un equipo internacional de investigadores formado por Ion Errea, Francesco Belli y Raffaello Bianco, del Centro de Física de Materiales (CSIC-UPV/EHU) de San Sebastián, Lorenzo Monacelli,

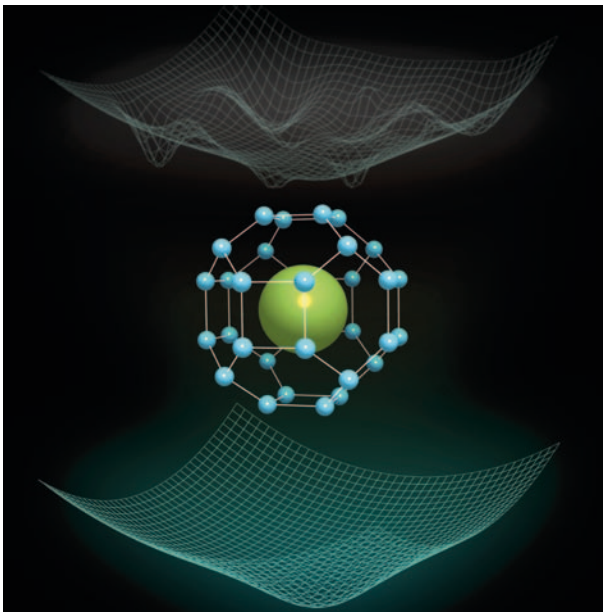
Francesco Mauri y José A. Flores-Livas, de la Università di Roma La Sapienza (Roma, Italia), Antonio Sanna, del Max-Planck Institute of Microstructure Physics (Halle, Alemania), Takashi Koretsune, de la Tohoku University (Sendai, Japón), Terumasa Tadano, del National Institute for Materials Science (Tsukuba, Japón), Matteo Calandra, del Institut des Nanosciences de París (CNRS, Francia), Ryotaro Arita, de la University of Tokyo (Tokyo, Japón), ahora sabemos que, a partir de nuevos resultados teóricos, las fluctuaciones



Ilustración por gentileza de Alberto García Gómez (albertogg.com).

cuánticas atómicas “pegan” la estructura simétrica de LaH_{10} en todo el rango de presión en el que se ha observado la superconductividad. Los cálculos efectuados muestran que, si los átomos son tratados como partículas clásicas, es decir, como simples puntos en el espacio, muchas distorsiones de la estructura tienden a bajar la energía del sistema. Como señala el Dr. Errea, esto significa que el paisaje de energía clásico es muy complejo, con muchos mínimos. Sin embargo, cuando los átomos son tratados como objetos cuánticos, que se describen con una función de onda deslocalizada, el paisaje de energía se remodela completamente: resulta evidente un único mínimo, que corresponde a la estructura altamente simétrica Fm-3m.

Las estimaciones de la temperatura crítica utilizando el paisaje de energía cuántica concuerdan satisfactoriamente con la evidencia experimental. Los resultados son especialmente relevantes porque las fluctuaciones cuánticas de los átomos estabilizan estructuras cristalinas con temperaturas de superconductividad altas que de otro modo serían inestables. En consecuencia, y como apunta el Dr. Errea, “gracias a este trabajo, se abren nuevas esperanzas de descubrir compuestos de hidrógeno superconductores de alta temperatura a presiones mucho más bajas de las que se esperaban clásicamente, incluso a presión ambiente”.



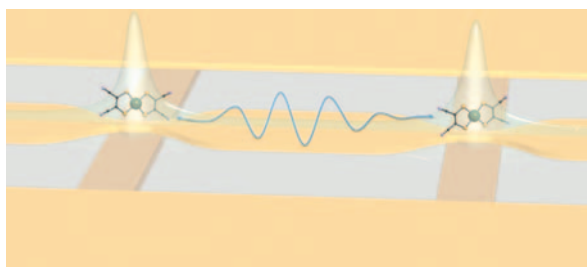
altas presiones: la superconductividad solo se ha conseguido por encima de los 100 gigapascales, un millón de veces la presión atmosférica.

La temperatura de -23 °C obtenida en el LaH_{10} es la temperatura más alta en la cual se ha observado la superconductividad. La posibilidad de observar la superconductividad de alta

¹ Sección preparada por Augusto Beléndez, en colaboración con actores implicados, que anima a proponer contribuciones relevantes para ser consideradas aquí.

MOLÉCULAS PARA REALIZAR OPERACIONES CUÁNTICAS

Los estados de un espín nos ofrecen una de las plataformas más sencillas para codificar un bit cuántico (o qubit), la unidad elemental de información de la computación cuántica. El problema es que ejecutar un algoritmo requiere mucho más que tener un único qubit: es necesario tener un gran número de ellos (hasta 10^8 para algunas implementaciones del algoritmo de factorización de Shor), que cada uno de ellos sea capaz de mantener su coherencia cuántica e integrarlos en una circuitería compleja. En otras palabras, trasladar las propiedades y el control que es posible tener sobre un solo espín a la escala de muchos espines individuales y establecer canales de comunicación entre ellos. Este problema de



“escalabilidad” es posiblemente uno de los retos para los que una aproximación multidisciplinar, que combine técnicas físicas con el potencial de diseño y fabricación de estructuras diversas que ofrece la Química, tiene más que ofrecer. Siendo objetos microscópicos, con Hamiltonianos bien definidos, las moléculas son también los sistemas más pequeños que admiten un control de sus propiedades mediante herramientas químicas y bioquímicas.

En un trabajo publicado en la revista *Nature Chemistry* (DOI: 0.1038/s41557-019-0232-y), una colaboración entre Fernando Luis (Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, CSIC y Universidad de Zaragoza), con Eugenio Coronado y Alejandro Gaita-Ariño (Instituto de Ciencia Molecular, Universitat de València) y Stephen Hill (National Magnetic Field Laboratory y Florida State University), revisa avances recientes en el uso de moléculas para realizar operaciones lógicas cuánticas.

El trabajo es una Perspective que pone en valor el papel que la Química puede jugar en un campo emergente que bebe principalmente de la Física: las Tecnologías Cuánticas. Los investigadores defienden el interés de la utilización de moléculas, en lugar de átomos, para realizar operaciones cuánticas, aprovechando la riqueza de la diversidad química para diseñar moléculas magnéticas.

Los autores argumentan con ejemplos recientes esta potencialidad en tres ámbitos diferentes. El primero es la posibilidad de diseñar entornos moleculares o estados de espín que minimicen el ruido magnético y, por tanto, aumenten los tiempos de coherencia de espín. Por otra parte, cada molécula tiene la capacidad de integrar más de un qubit, de manera que puede actuar como un procesador con

una funcionalidad no trivial, por ejemplo para realizar puertas lógicas o, incluso, implementar los más sencillos algoritmos de corrección de errores. Y, finalmente, las moléculas pueden diseñarse para optimizar su acoplo a circuitos superconductores que,

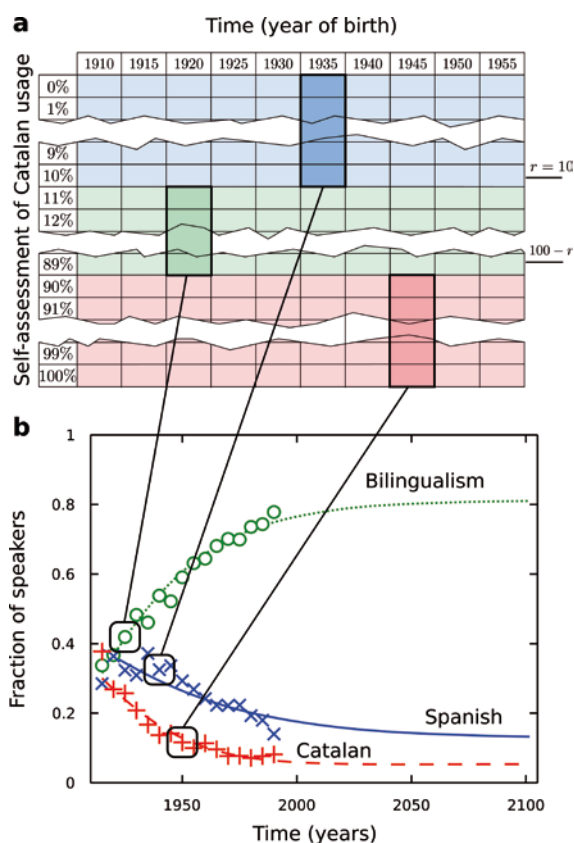
al igual que en otras implementaciones, controlen el estado de cada molécula e introduzcan interacciones efectivas para “cablear” varias de ellas.

¿ES POSIBLE LA COEXISTENCIA ESTABLE DE LAS LENGUAS CATALANA Y CASTELLANA EN CATALUÑA?

La respuesta a esa pregunta la han dado Luí F. Seoane (UPF e IFISC-UIB) y Jorge Mira (USC), en colaboración con la Real Academia Gallega, tras analizar las fuentes de datos más extensas y recientes del Institut d'Estadística de Catalunya, para reconstruir la evolución de los números de hablantes de castellano y catalán en Cataluña a lo largo del último siglo.

Aplicando modelos y técnicas matemáticas desarrolladas por los autores, concluyen que tal coexistencia sería posible bajo un rango amplio de circunstancias analizadas, si bien en la mayoría de ellas se obtiene una cierta predominancia del castellano.

Para esta investigación, que se acaba de publicar en la revista *Palgrave Communications* (DOI: 0.1057/s41599-019-0347-1), hubo que medir dos parámetros que aproximan, según la percepción de los hablantes, el peso



de cada una de estas lenguas y cuánto parecido guardan entre sí. La sorpresa salta al estudiar datos de Barcelona y su área metropolitana separados de los del resto de Cataluña. Como señala el profesor Jorge Mira: “mientras que en Barcelona ambas lenguas se perciben con un peso similar, en el resto de Cataluña el peso percibido es mayor para el castellano (pese a ser zonas con una presencia mucho mayor del catalán)”. Esto habría llevado, durante el último siglo, a que la influencia del castellano haya propiciado un declive en el número de hablantes monolingües en catalán en la mayor parte del territorio. Por contraposición, ambas opciones monolingües en catalán y castellano siguen trayectorias parejas en Barcelona y su

área metropolitana, mientras que el bilingüismo tiende a aumentar década tras década. Además, el estudio concluye que los hablantes de Barcelona y su metrópolis perciben ambas lenguas como más similares. Según los autores del estudio, esto conlleva que una mujer de Cornellà, por ejemplo, sería más proclive a mantener ambas lenguas que alguien de la Seu d'Urgell.

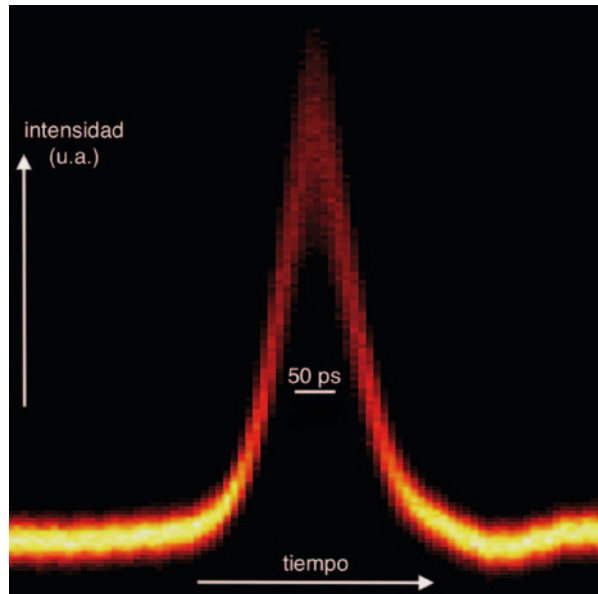
Los modelos matemáticos empleados permiten a los autores intentar predecir cómo podría cambiar la cantidad de hablantes en cada uno de los tres grupos lingüísticos (monolingües de cada idioma y bilingües) durante los próximos años. **Estas proyecciones sugieren que el castellano seguirá ganando hablantes poco a poco. En la mayoría de los casos, a pesar de este flujo de hablantes, sería posible una coexistencia durante varias generaciones.**

Bajo condiciones de polarización extrema entre los diferentes grupos, el modelo prevé que el castellano se impondría en Barcelona y su área metropolitana, mientras el catalán haría lo propio en el resto de la comunidad autónoma: la (todavía gran) base del monolingüismo catalán fuera de Barcelona sería capaz de superponerse al mayor peso que estos hablantes perciben en el castellano.

COHERENCIA CUÁNTICA PARA LOS LÁSERES PULSADOS

Los láseres “mode-locked” (ML) son las fuentes fundamentales de pulsos ultracortos de luz coherente. La brevedad de estos pulsos (con una duración típica de entre 30 fs y 30 ps que permite elevadas potencias de pico) junto con la regularidad en su ritmo de repetición los hacen indispensables en multitud de aplicaciones, tanto técnicas (medicina y cirugía, microscopía, procesamiento de materiales, telecomunicaciones...) como científicas, en experimentos de ciencia básica que abordan la investigación de fenómenos fundamentales.

Merece la pena destacar, en particular, la **importancia de los láseres ML en metrología de precisión basada en peines de frecuencias ópticas (emplea-**



dos, por ejemplo, en tecnologías GPS y de teledetección), los cuales valieron el premio Nobel en Física a John L. Hall y Theodor W. Hänsch en 2005.

El desarrollo actual de los láseres ML es difícilmente entendible sin la **ecuación maestra propuesta por Hermann A. Haus en 1975.** Este marco teórico da cuenta, en buena parte, del comportamiento dinámico de los láseres ML, si bien presenta serias limitaciones desde el punto de vista físico.

En un trabajo publicado en la revista *Nature Communications* (DOI:10.1038/s41467-019-14013-4), **un equipo internacional** formado por investigadores de España, Francia, Italia, Reino Unido y Nueva Zelanda y coordinado por Germán J. de Valcárcel, del grupo de Óptica Cuántica, Óptica No Lineal y Física del Láser de la Universitat de València, ha desarrollado una teoría que **supera la ecuación maestra de Haus al considerar sus aproximaciones: la ecuación maestra coherente.**

Tal y como señala el profesor Germán de Valcárcel, **la ecuación maestra de Haus padece una limitación fundamental al ignorar, por construcción, la coherencia cuántica,** que se refiere a la constancia a largo término de la fase relativa entre las oscilaciones luminosas y las de los electrones del material. La coherencia cuántica es **responsable de una serie de fenómenos observados experimentalmente**

en láseres ML basados en materiales rápidos, que modifican fuertemente su comportamiento. Estos fenómenos incluyen la superradiancia y superfluorescencia que dan lugar a propa-

gaciones superlumínicas de los pulsos, o la denominada inestabilidad de Risken-Nummedal-Graham-Haken que da lugar a emisión ML espontánea con un ensanchamiento del espectro de emisión. Como añade el profesor de Valcárcel, esta inestabilidad parece estar detrás de la generación de peines de frecuencias ópticas y de emisión ML de los láseres de cascada cuántica y de punto cuántico, que son láseres de semiconductor con enorme relevancia.

Este nuevo trabajo también muestra una serie de **experimentos en láseres ML de semiconductor que respaldan la nueva**

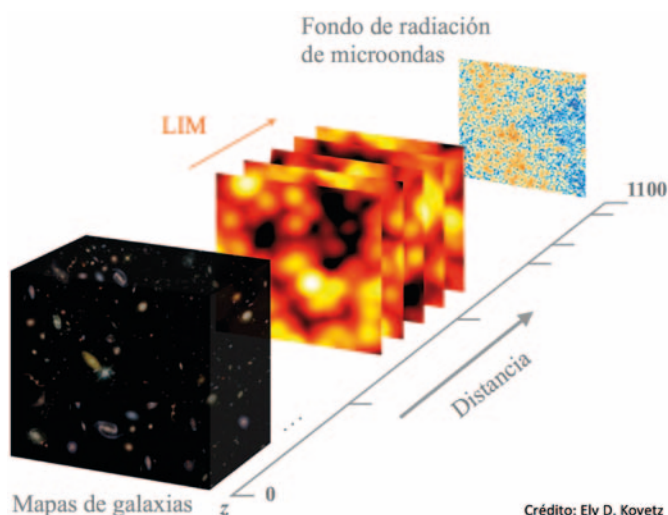
teoría, mientras que se apartan claramente de las predicciones de la teoría de Haus. Posiblemente, la ausencia de una teoría de ecuación maestra coherente hasta la fecha ha impedido el desarrollo de láseres ML que exploten la rica e interesante fenomenología asociada a los efectos de coherencia cuántica, como indica el profesor Germán de Valcárcel, quien considera que la nueva teoría debería abrir ese camino.

LA HISTORIA DE LA EXPANSIÓN CÓSMICA A PARTIR DE MAPAS DE INTENSIDADES DE LINEA

Al contrario que los métodos observacionales convencionales para producir mapas de galaxias y así trazar la estructura del Universo a grandes escalas, las técnicas de mapeo de intensidades de línea (LIM) utilizan la radiación proveniente de todas las fuentes de emisión a lo largo de la línea de visión. De esta manera, en vez de limitarse a las fuentes más brillantes (como pueden ser galaxias o quásares), estas técnicas explotan la información contenida en cada uno de los fotones detectados. Por esta razón, **LIM tiene el potencial de mapear la distribución de materia en el Universo a distancias muchísimo mayores que los mapas de**

galaxias, ya que hay muy pocas galaxias y las observamos muy débilmente a dichas distancias. Por lo tanto, LIM abrirá una ventana a **explorar un Universo mucho más joven** que no podemos estudiar directamente de ninguna otra manera.

La estructura del Universo a grandes escalas contiene información sobre la



Crédito: Ely D. Kovetz

evolución del Universo. Por ejemplo, en ella se pueden observar las oscilaciones acústicas de bariones (BAO), impresas en la distribución de materia desde el momento en el que electrones y protones se combinaron para formar átomos de hidrógeno, lo que se conoce como recombinación. Las **BAO proveen una regla de distancias estándar que nos permite inferir la historia de expansión del Universo.**

De este modo, LIM nos da la oportunidad de medir las BAO, y, por lo tanto, la expansión del Universo, en un periodo de la evolución del Universo todavía inexplorado. Esto es lo que propone un artículo escrito por un equipo de cosmólogos formado por José Luis Bernal, del Instituto de Ciencias del Cosmos (ICC) de la Universidad de Barcelona, Patrick C. Breyse, del Instituto Canadiense de Astrofísica Teórica de la Universidad de Toronto (Canadá), y Ely D. Kovetz, del Departamento de Física de la Universidad Ben-Gurion (Israel), publicado en *Physical Review Letters* (DOI:10.1103/PhysRevLett.123.251301). En este trabajo se utiliza una metodología novedosa derivada por estos mismos autores, junto con Héctor Gil Marín, del Instituto de Ciencias del Cosmos (ICC) de la Universidad de Barcelona, para **separar las contribuciones cosmológicas de**

las astrofísicas en las observaciones de LIM en un artículo previo publicado en *Physical Review D* (DOI:10.1103/PhysRevD.100.123522) y, como señala el Dr. Bernal, “seremos capaces de extraer medidas robustas de la expansión del Universo y conectar los últimos estadios de la evolución del Universo con el fondo de radiación de microondas”. Experimentos planeados para el futuro próximo (y la siguiente generación de experimentos de LIM después de ellos) tendrán **la potencia suficiente para poder medir la historia de expansión del Universo con una precisión competitiva** a los mapas de galaxias a distancias más cortas. El Dr. Bernal concluye señalando que estas observaciones nos darán la posibilidad de **testear modelos de energía oscura, materia**

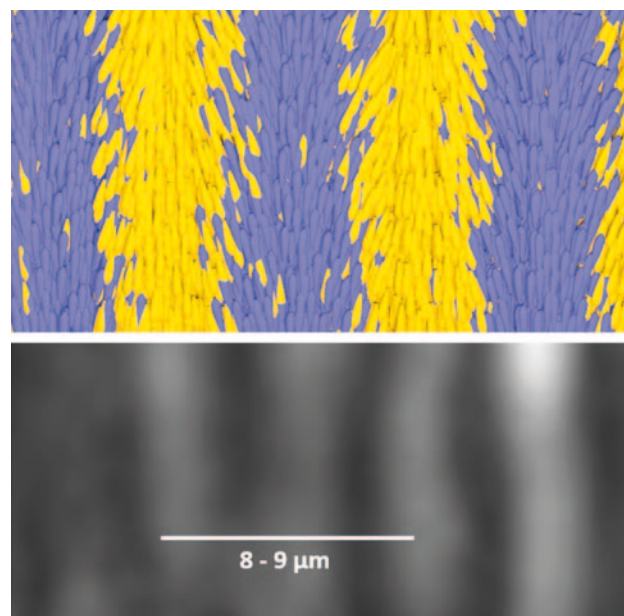
oscura y gravedad modificada en regímenes que ahora mismo son inalcanzables, y prometen jugar un **papel clave en la resolución de la tensión** entre las medidas de distintos experimentos de la velocidad del Universo.

DESCUBRIMIENTO DE UN CRISTAL LÍQUIDO NEMÁTICO FERROELÉCTRICO

El logro experimental y la comprensión del **ordenamiento ferroeléctrico en fluidos es una cuestión fundamental de la física.** Los cristales líquidos (en inglés *liquid crystals*, LC) presentan una rica variedad de fases entre el líquido isotrópico y el estado sólido, fases que fluyen pero a la vez presentan propiedades anisótropas de sólidos cristalinos. La fase más simple, y ampliamente utilizada en las pantallas LCD, es la fase nemática, en la que las posiciones de las moléculas son to-

talmente aleatorias, pero en la que las moléculas se orientan localmente en la misma dirección, llamada director de la fase, que presenta simetría de inversión. Mientras que moléculas simétricas elongadas exhiben la fase nemática uniaxial (N), geometrías más complejas dan lugar a fases con mayor grado de orden orientacional, como nemáticas biaxiales o “twist-bend”. **Aunque la posibilidad de una fase nemática ferroeléctrica ya fue predicha por Born en 1916 y posteriormente formulada teóricamente, solo recientemente ha sido encontrada experimentalmente.**

En dos trabajos recientes publicados en *Physical Review X* (DOI: 10.1103/PhysRevX.8.041025) y *Physical Review Letters* (DOI:10.1103/PhysRevLett.124.037801), un equipo internacional compuesto por investigadores de Eslovenia, Reino Unido y España y en el que participan la Dra. Nerea Sebastián y la Prof. María Rosario de la Fuente, del Instituto Jožef Stefan, en Eslovenia, y del Departamento de Física Aplicada II de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), respectivamente, se recoge el **descubrimiento de una fase nemática “splay” (N_s)** a temperaturas por debajo de la fase N en un compuesto cuyas moléculas tienen forma ligeramente de cuña. La transición de fase N- N_s es débilmente de primer orden y va acompañada de fuertes fluctuaciones orientacionales tipo “splay” dando lugar a que el **director de la fase presente una estructura modulada.** La deformación “splay” da lugar a polarización flexoeléctrica y por tanto la fase



N_s muestra una polarización eléctrica cuya magnitud oscila a lo largo de la dirección del “splay”.

Dicho equipo ha demostrado, por medio de **microscopía de generación de segundo armónico**, la polaridad de la fase y obtenido que la **modulación del director es del orden de micras**. Como señala la Dra. Sebastián, la espectroscopía dieléctrica de banda ancha y el estudio de la dependencia con la temperatura de las constantes elásticas junto con la formulación de una teoría macroscópica de tipo Landau-de Gennes, les ha permitido demostrar que **la transición N- N_s es una transición ferroeléctrica-ferroelástica**, de forma bastante similar a las transiciones ferroeléctrica-ferroelástica observadas en algunos sólidos.

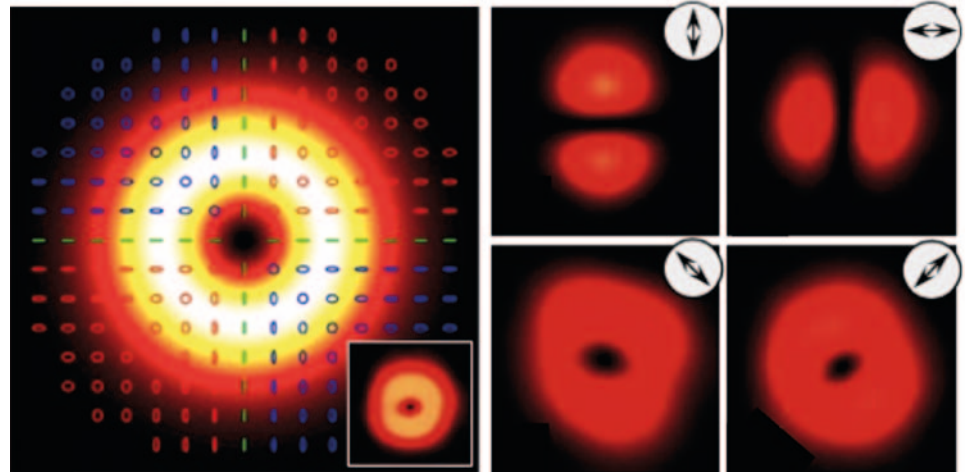
Las conclusiones publicadas plantean **cuestiones clave sobre el orden polar en líquidos**, como, por ejemplo, qué combinación de distribución y forma de la carga molecular es necesaria para que las moléculas se orienten, en promedio, en la misma dirección mientras permanecen en estado líquido. **¿Permitiría cualquiera de esas combinaciones la existencia de una fase nemática ferroeléctrica uniaxial homogénea o es esencial que el ordenamiento ferroeléctrico en un cristal líquido nemático vaya acompañado de una deformación orientacional?**

INGENIERÍA A LA CARTA DE MODOS LÁSER VECTORIALES

En 2020 se cumplirán sesenta años de la primera emisión láser, el día 16 de mayo de 1960, cuando Theodore Maiman y sus colaboradores consiguieron producir el primer láser de rubí. Desde entonces los avances en la tecnología láser han sido espectaculares, siendo difícil encontrar campos de la ciencia y la tecnología que no hayan sido impactados por esta fuente de luz tan especial.

Si bien, normalmente, los láseres se emplean en su modo fundamental, con un perfil transversal Gaussiano, hay un creciente interés en generar modos de orden superior. En su modalidad escalar, típicamente adoptan la forma de modos Laguerre-Gauss o Hermite-Gauss. La

superposición de modos de orden superior en estados de polarización ortogonales da lugar a los llamados modos vectoriales, cuya sección transversal muestra una distribución espacial del



estado de polarización. Las especiales propiedades de estos haces de luz hacen que estén encontrando novedosas aplicaciones en campos tales como las comunicaciones ópticas, el microprocesado láser o la polarimetría de imagen.

Una de las formas de producir modos vectoriales es mediante **moduladores espaciales de luz (SLM), dispositivos optoelectrónicos que reproducen hologramas de fase generados por ordenador.** En dos trabajos publicados en las revistas *Optics and Laser in Engineering* (DOI: 10.1016/j.optlaseng.2019.105859) y *Optics Express* (DOI: 10.1364/OE.26.005875), los investigadores Ignacio Moreno, María del Mar Sánchez López, David Marco y José Luis Martínez Fuentes, del grupo de TecnOPTO de la Universidad Miguel Hernández de Elche, junto con Pascuala García Martínez, de la Universitat de València, han desarrollado una técnica para la generación eficiente de estos modos vectoriales.

Como indica el Prof. Moreno, mediante un sistema óptico que emplea dos SLMs se implementan dos hologramas que codifican modos de orden superior en dos polarizaciones ortogonales. A la salida del sistema se obtiene la superposición de estos modos escalares, proporcionando así un haz vectorial. **El sistema desarrollado en Elche resulta especialmente interesante por su alta eficiencia de difracción,** al emplear una arquitectura óptica de camino común y una nueva técnica de

codificación de hologramas que proporciona una reconstrucción en eje, añade el Prof. Moreno.

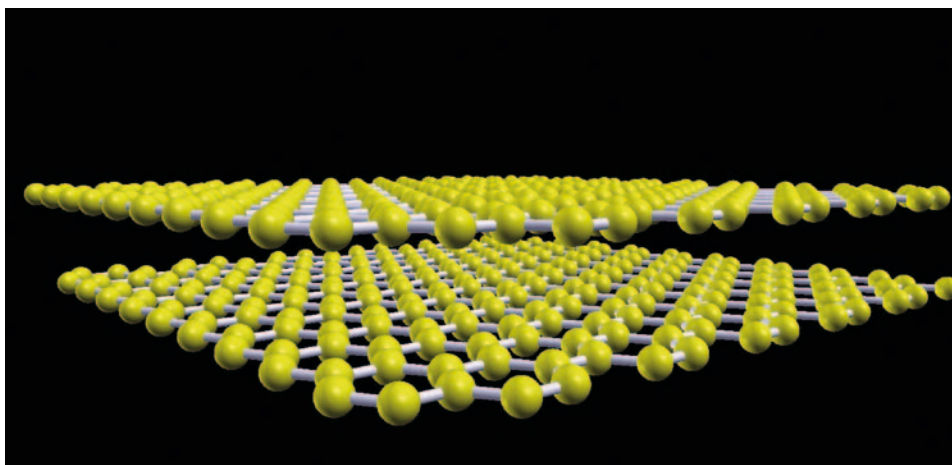
El empleo de SLMs permite, además, reconfigurar el sistema fácilmente des-

de un ordenador y poder así generar múltiples combinaciones. A modo de ejemplo, la figura muestra el resultado de codificar dos modos Hermite-Gauss en polarizaciones lineales horizontal y vertical, lo que, a su vez, da lugar a modos Laguerre-Gauss en las componentes de polarización diagonales.

GRAFENO: TERMODINÁMICA EN DOS DIMENSIONES

Es bien sabido que una estructura cristalina no es estable en dos dimensiones. Sin embargo, los llamados materiales bidimensionales con estructura laminar existen y vibran en nuestro espacio tridimensional. Esto les confiere la estabilidad suficiente para muchos propósitos. En particular, las vibraciones perpendiculares al plano son importantes para conferir estabilidad a las membranas cristalinas bidimensionales. Estos modos de vibración se acoplan con los modos en el plano, dando lugar a varias propiedades que dependen de este acoplamiento anarmónico.

Entre los materiales bidimensionales destaca el grafeno por sus peculiares propiedades electrónicas, ópticas y mecánicas. Este material presenta la oportunidad de estudiar **la transición de las propiedades termodinámicas en 2D a las de sólidos en 3D**, analizando la evolución desde una monocapa de



grafeno a grafito, bien conocido desde hace mucho tiempo.

Las simulaciones a escala atómica, del tipo de Monte Carlo o dinámica molecular, permiten estudiar numerosas propiedades estructurales y termodinámicas de materiales, tanto en 3D como en 2D. Sin embargo, a temperaturas por debajo de la temperatura de Debye (que en grafeno es superior a 1.000 K), varias de estas propiedades deben de ser tratadas teniendo en cuenta el carácter cuántico de los núcleos atómicos, lo que es equivalente a la cuantización de los modos de vibración (fonones). En el contexto de las simulaciones a escala atómica esto se logra usando el método de integrales de camino de Feynman (*path integrals*) a temperaturas $T > 0$.

En un artículo publicado en *Physical Review B* (DOI: 10.1103/PhysRevB.101.035405) por los investigadores del CSIC Carlos Herrero y Rafael Ramírez, se muestra la transición de las propiedades termodinámicas desde la monocapa de grafeno (2D) al grafito (3D), usando este método de simulación cuántica. El Dr. Herrero nos señala que en esta transición es particularmente interesante el estudio de la **bicapa de grafeno**, donde aparece un modo de baja frecuencia debido a la **interacción de Van der Waals** entre capas. Esto afecta a propiedades como la capacidad calorífica, la expansión térmica y la compresibilidad.

En particular, la capacidad calorífica c_v en grafeno está controlada por la parte vibracional. En sólidos 3D esta contribución da una dependencia de la forma T^3 a baja T (modelo de Debye). Para grafeno se tiene a **baja temperatura** $c_v \sim T$, a causa del llamado modo

flexural, con desplazamientos atómicos perpendiculares a la lámina de grafeno y una curva de dispersión de la forma $\omega(q) \sim q^2$, siendo q el vector de onda en dos dimensiones.

UN DETECTOR DE RAYOS CÓSMICOS DE NUEVA GENERACIÓN EN LA ANTÁRTIDA

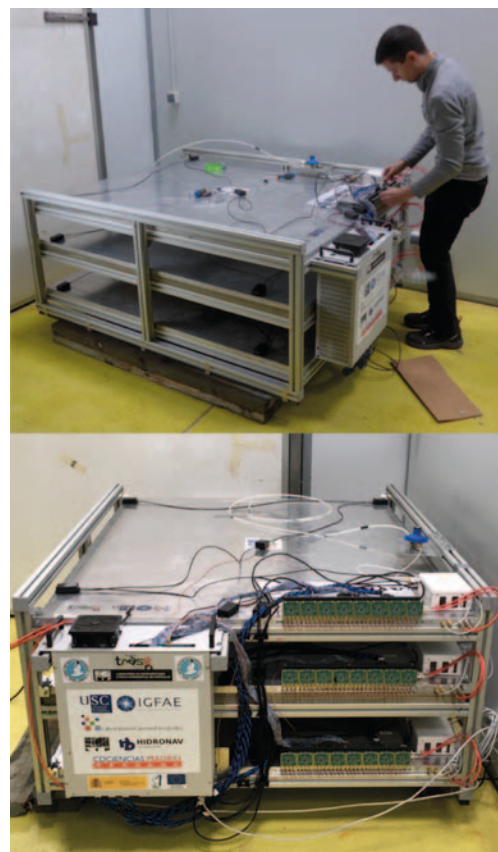
El pasado mes de diciembre los investigadores del Instituto Gallego de Física de Altas Energías (IGFAE) Juan A. Garzón y Damián García Castro instalaron, como parte del observatorio ORCA (Observatorio de Rayos Cósmicos Antártico) coordinado por la Universidad de Alcalá, en la Base Antártica Española Juan Carlos I, un **detector para la medida de rayos cósmicos con gran precisión**. El detector, llamado TRISTAN (TRAsgo para InVeSTigaciones ANTárticas) pertenece a la familia de detectores tipo TRASGO (TRACK reconSTRUCTinG mODule), basados en la tecnología llamada RPC (Resistive Plate Chambers), muy frecuente en experimentos Física de Altas Energías. Como principal característica, los detectores Trasgo reconstruyen la dirección de incidencia de los rayos cósmicos medidos y **ofrecen la posibilidad de separar muones y electrones por software**.

Como explica el Prof. Garzón, TRISTAN es el tercer detector de la familia Trasgo, junto con otro actualmente operativo en la Facultad de Física de la Universidade de Santiago de Compostela y un segundo que se construyó para un prototipo de tomografía industrial instalado cerca de Vigo. Dos Trasgos

más están en construcción en el marco de un proyecto para el estudio directo de la variación de la temperatura de la alta atmósfera desde tierra. Todos los detectores han sido desarrollados en colaboración con el laboratorio LIP de Coimbra, constructora de los detectores, y la empresa HIDRONAV de Vigo, que **ha optimizado la electrónica de amplificación y digitalización de los detectores a partir de un diseño previo**.

El detector TRISTAN fue transportado hasta la Antártida a bordo del buque BIO Hespérides, tomando datos a lo largo de toda la travesía atlántica. “Algunos de los objetivos del proyecto son medir las variaciones de actividad solar, desarrollar nuevos métodos para la predicción de tormentas magnéticas y mejorar la comprensión de la influencia de la atmósfera en los rayos cósmicos medidos en tierra”, añade el Prof. Garzón. También supone validar la tecnología Trasgo con la idea usar de dichos detectores para **el estudio de los frentes de cascadas de rayos cósmicos en experimentos de muy alta energía**.

El proyecto ha sido llevado a cabo con fondos del Programa Nacional de

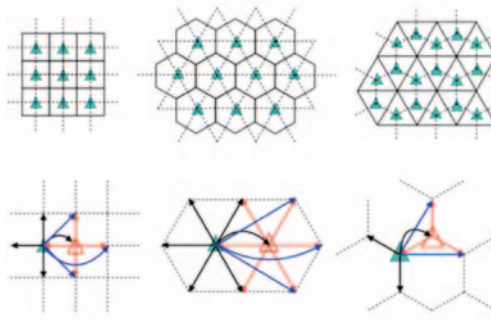


Investigación, con fondos FEDER y el apoyo del C. Desarrollo de las Ciencias de Madrid.

PARANDO LA PROPAGACIÓN DE PATÓGENOS EN LAS PLANTAS CON UN MODELO BASADO EN PERCOLACIÓN

Una investigación de la colaboración entre el Instituto Gallego de Física de Altas Energías (IGFAE) de la Universidad de Santiago de Compostela y la Universidad de Puebla (México), liderada por J. Ramírez y C. Pajares, publicado como “High Light” en la revista *Physical Review E* (DOI: 10.1103/PhysRevE.101.032301) y reseñada en la publicación *Physics* de la Sociedad Americana de Física, aborda **cómo evitar la propagación del patógeno *Phytophthora* en plantaciones.**

Las plantas enfermas son pacientes silenciosos, pero sus enfermedades tienen consecuencias no menos dramáticas que aquellas que afectan a humanos. Patógenos como hongos, bacterias y virus llevan a lagunas especies al borde de la extinción. Como señala el Prof. Pajares, en este artículo se desarrolla un mo-



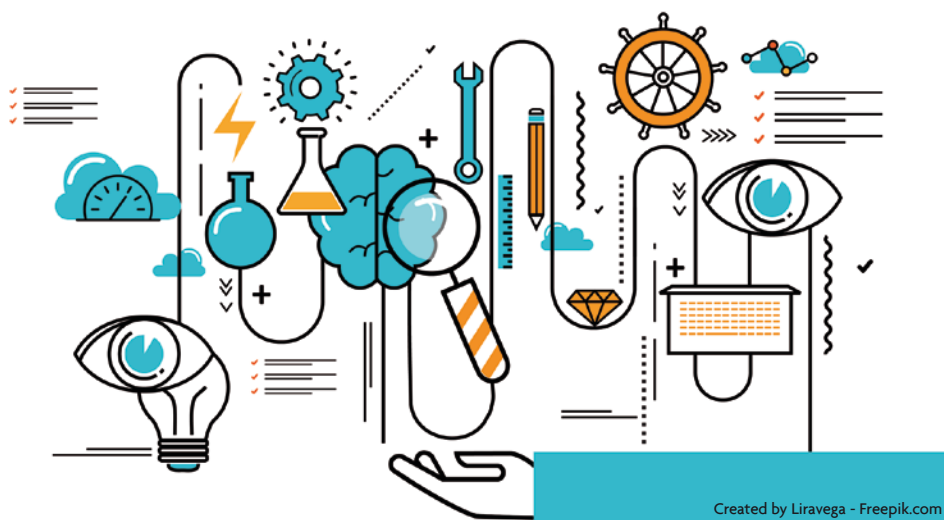
delo que describe la propagación de un agresivo microorganismo *Phytophthora* que infecta plantaciones de chile, tomates, frijoles y árboles como los castaños y eucaliptos. Las esporas de *Phytophthora* usan flagelos para su propagación en el suelo. En el modelo, la plantación se simula como una red de dos dimensiones donde en los nodos se sitúan las plantas. **La transmisión de la enfermedad es entre vecinos y el proceso es similar a los procesos de percolación.** Cada especie tiene una susceptibilidad al patógeno (probabilidad de que una planta este infectada) y, por tanto, habrá plantas resis-

tentes distribuidas al azar en la red que no propagan la enfermedad. Igualmente, el suelo tiene una determinada susceptibilidad. Por otra parte, se considera la fracción de nodos infectados al inicio del proceso. El modelo calcula la mínima densidad de barreras necesaria para impedir la propagación de la infección en función de las susceptibilidades y de la densidad inicial de la infección, utilizando

redes cuadradas, triangulares y hexagonales. Las barreras físicas pueden ser membranas impermeables hechas de polietileno de gran densidad, que son recomendadas por el gobierno australiano. También se han usado agentes de control biológico y las curvas críticas calculadas **predicen la existencia de una mínima susceptibilidad debajo de la cual la infección no se propaga a toda la plantación**, aunque todo el suelo tenga infección inicialmente. La verificación de los resultados obtenidos está en curso en plantaciones de frijoles de México, añade el Prof. Pajares.

Esperamos tus trabajos para la **Revista Española de Física** en:

revistadefisica.es



Las contribuciones, que han de tener un **tono divulgativo**, pueden tener cabida en alguna de nuestras secciones, aunque destacamos: “Temas de Física” para contenidos relacionados con investigación y “Notas de Clase” para trabajos de enseñanza.

Los trabajos publicados pueden optar a los **Premios de Física RSEF-Fundación BBVA**.