

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

UNA NUEVA FORMA DE IDENTIFICAR LAS IMPREVISIBLES CUENCAS DE WADA EN SISTEMAS CAÓTICOS

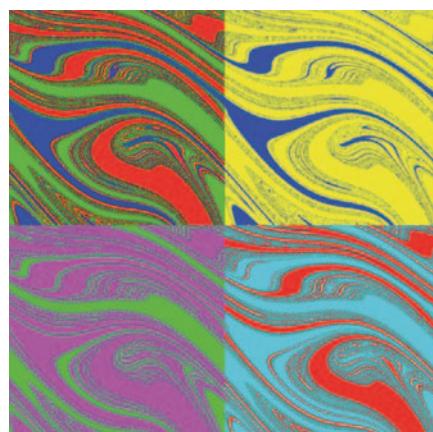
¿Cómo sería un mapa en el que tres países estuvieran separados por una única frontera común? La imagen es ciertamente difícil de imaginar. Sin embargo, el matemático japonés Kunizo Yoneyama demostró en 1917 que tal situación era posible y atribuyó la construcción de tan particular frontera a su maestro Takeo Wada. Desde entonces, este tipo de fronteras que separan tres o más regiones simultáneamente se dice que tienen la propiedad de Wada.

“Las cuencas de Wada aparecen en multitud de sistemas físicos: fluidos, plasmas, problemas de scattering, sistemas con retardo, etc.”, explica Alexandre Wagemakers, investigador de la URJC, quien añade que “en estos sistemas dinámicos, la más mínima perturbación de las condiciones iniciales cerca de una frontera con la propiedad de Wada puede provocar que el sistema termine en cualquiera de los atractores presentes en el sistema”.

En un artículo publicado el 2 de julio de 2018 en la revista *Scientific Reports* (DOI: 10.1038/s41598-018-28119-0) por físicos del Grupo de Dinámica No Lineal, Teoría del Caos y Sistemas Complejos de la URJC, se expone una manera sencilla de comprobar si las cuencas de atracción de un sistema poseen o no la propiedad de Wada. “Este método está basado en una perspectiva diferente de la propiedad de Wada. Las fronteras con la propiedad de Wada son las únicas que permanecen inalteradas al fusionar las cuencas”, indica Alvar Daza. “Por ejemplo, en la imagen

que acompaña este artículo, se puede ver la cuenca original con tres colores y el resultado de fusionar las cuencas de dos en dos, es decir, amarillo = rojo + verde, magenta = azul + rojo y cian = verde + azul. Las cuatro imágenes así formadas son diferentes, pero las fronteras que delimitan los colores en los cuatro casos son idénticas”, añade el investigador de la URJC.

“Gracias a esta nueva perspectiva, hemos podido elaborar un método que es capaz de comprobar la propiedad de Wada en cuestión de segundos en un ordenador convencional”, apunta Miguel A.F. San-



juán, director del grupo que ha llevado a cabo la investigación, quien concluye que “Este sistema supone un gran salto en el estudio de la propiedad de Wada y, por ende, de la predicción de muchos sistemas dinámicos caóticos con interés en Física y otras disciplinas científicas”.

NUEVA FAMILIA DE CLUSTERS DE CARBONO OBSTACULIZA EL CRECIMIENTO DE GRAFENO EN METALES

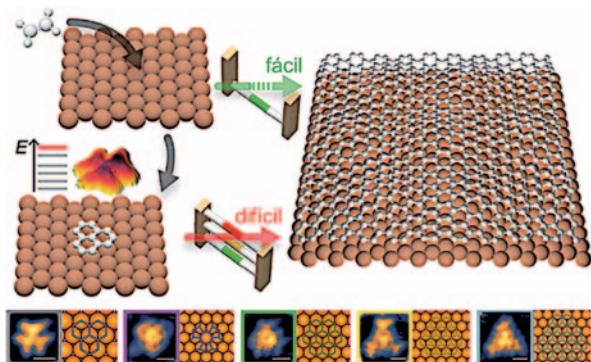
La deposición química en fase vapor (CVD) es en la actualidad la estrategia más fiable para producir grafeno de alta calidad a gran escala para aplicaciones industriales. Este proceso



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

resulta altamente eficiente sobre superficies de metales de transición, entre los que el Ru, Rh y Re constituyen una interesante familia cuya banda electrónica *d* está próxima al nivel de Fermi, produciendo una fuerte hibridación con la banda π del grafeno y enlaces cortos entre átomos de carbono y metal. Este comportamiento favorece el crecimiento de grafeno de dominio único de alta calidad cristalina y genera la aparición de patrones de Moiré, usados de manera habitual como bancos de trabajo para la deposición de moléculas de interés en el almacenamiento magnético de información, optoelectrónica o espintrónica. Recientemente, la superficie Re(0001) ha alcanzado gran repercusión por tratarse de una plataforma donde coexisten acoplamiento espín-órbita y superconductividad inducida. José I. Martínez y José A. Martín-Gago, del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid del CSIC, en una colaboración con el Instituto de Nanociencia y Criogenia, el Instituto Néel y el Laboratorio de Ciencia e Ingeniería de Materiales y Procesos, todos ellos asociados a la Universidad Grenoble-Alpes (Francia), han descubierto una nueva gran familia de clusters de carbono sin precedentes de distintos tamaños y morfologías que se forman simultáneamente al grafeno en Re(0001) (*Nano Letters*, DOI: 10.1021/acs.nanolett.8b01379). Su detección se ha llevado a cabo mediante microscopía de efecto túnel en entornos de ultra-alto-vacío. El uso de mallados basados en distintas superestructuras

¹ Sección preparada por la redacción de la *Revista Española de Física*, en colaboración con actores implicados, que anima a proponer contribuciones relevantes para ser consideradas aquí.

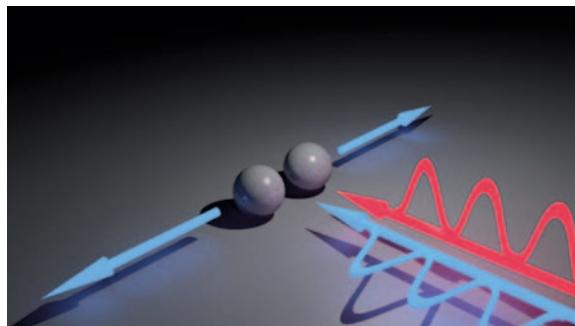


de grafeno y técnicas computacionales de simulación atomística han permitido determinar las geometrías de adsorción de estos clusters, los cuales se anclan sobre el substrato metálico en configuraciones meta-estables, mientras que configuraciones termodinámicamente más estables no son observadas. Los clusters detectados pertenecientes a esta nueva familia se forman bajo un preciso control cinético, mientras que la evolución de los clusters más pequeños queda bloqueada. Por consiguiente, podemos categorizar a estos clusters como productos de las reacciones que se producen en la superficie metálica en competición directa con el crecimiento de grafeno, más que como especies intermedias que surgen durante su formación; como se asume frecuentemente en la literatura relacionada. Los clusters de tamaño más pequeño coexisten con el grafeno, que va creciendo y extendiéndose de manera epitaxial, hasta etapas muy avanzadas durante la preparación. Es de esperar que tales "obstáculos" en la síntesis de grafeno perfecto sean ubicuos en una gran variedad de superficies metálicas.

NANODISPOSITIVOS CON APLICACIONES EN EL CAMPO DE LA ÓPTICA

La nanofotónica, campo científico de reciente aparición, se dedica al estudio de la interacción de la radiación electromagnética con estructuras materiales de tamaño nanométrico. Cuando las nanoestructuras son nanopartículas aisladas de carácter metálico, la oscilación coherente de los electrones libres que tiene el material,

puede excitar Resonancias Plasmónicas Localizadas, que se traducen en una intensificación del campo electromagnético en el entorno de la nanopartícula, en dimensiones mucho menores que la longitud de onda. Las características espectrales de estas resonancias dependen de las propiedades ópticas del material y del entorno que lo rodea, del tamaño y forma de la nanopartícula y de la longitud de onda de la radiación incidente. Estos sistemas están siendo empleados con diferentes aplicaciones, como biosensores, comunicaciones ópticas, mejora en diseño de células solares, espectroscopía Raman de superficie, etc. Sin embargo, las pérdidas óhmicas inherentes a la naturaleza de los metales



hacen que este tipo de nanopartículas presenten algunos problemas en diferentes aplicaciones, dependiendo del rangopectral considerado.

Con el fin superar estas dificultades referidas a pérdidas en forma de calor, recientemente se han presentado como alternativa el uso de nanopartículas dieléctricas con alto índice de refracción (HRI, *High Hefractive Index*), como por ejemplo el Si, Ge, AsGa, etc. Estas nanoestructuras, al ser iluminadas, son capaces de generar resonancias de carácter eléctrico y magnético simultáneamente y con ausencia de absorción de la radiación en rangos espectrales específicos (en concreto en el infrarrojo cercano). La superposición coherente de los campos electromagnéticos generados cuando las resonancias eléctricas y magnéticas están presentes, puede producir efectos muy singulares en la direccionalidad de la radiación difundida, con aplicaciones en las comunicaciones.

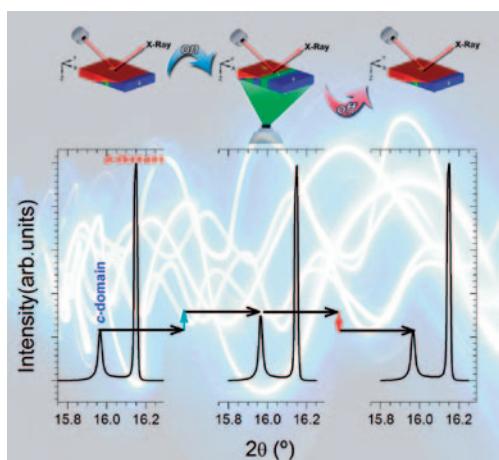
En este sentido, los Profesores Fernando Moreno y Francisco González, junto con otros miembros del Grupo de Óptica de la Universidad de Cantabria y otros investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid, el instituto de Materiales del CSIC e investigadores del Instituto Fresnel de Marsella, pusieron de manifiesto por primera vez experimentalmente las condiciones de *Zero-Backward* (toda la radiación difundida hacia adelante) y *Zero-Forward* (toda la radiación difundida hacia atrás) (*Nature Communications*, DOI: 10.1038/ncomms2167).

Siguiendo en esta dirección, recientemente los Profesores Moreno, González y la estudiante A. Barreda, junto con el equipo del Instituto Fresnel, han desarrollado una configuración de dímeros de nanopartículas con HRI capaces de actuar como un modulador para la radiación difundida, reenviándola a 90° o 270°, respecto a la dirección incidente, dependiendo de la polarización de la misma, modo transversal eléctrico o magnético, respectivamente (*Nature Communications*, DOI: 10.1038/ncomms13910).

Según señalan los Profesores Moreno y González, los experimentos mencionados abren la puerta para la fabricación de nanodispositivos con aplicaciones en el campo de las comunicaciones ópticas o computación óptica.

CONTROL REVERSIBLE DE DOMINIOS FERROELÉCTRICOS MEDIANTE LUZ POLARIZADA

Un material ferroico se distingue por su parámetro de orden, es decir, magnetización en materiales ferromagnéticos, tensión espontánea en materiales ferroelásticos, o polarización eléctrica en materiales ferroeléctricos, que tiene diferentes orientaciones comutables y energéticamente equivalentes. Esta condición conduce a la aparición de dominios, que son regiones con diferente orientación polar. La capacidad de estos materiales de comutar de forma reversible entre dos estados representa la base de



las tecnologías inteligentes. Por ello, los materiales ferroicos son elementos activos en diferentes sistemas de almacenamiento de información, sensores y actuadores.

La integración y miniaturización de dispositivos inteligentes más eficientes está impulsando la evolución de los medios de control de las propiedades ferroicas. En el caso particular del orden ferroico ferroelectrico, tanto el desarrollo de memorias ferroelectrasicas de próxima generación como la transformación de energía electrica en movimiento mecánico (actuadores) presenta dos retos tecnológicos: la viabilidad de los contactos eléctricos a escalas cada vez más pequeñas y el calentamiento no deseado de los dispositivos. La posibilidad de registrar la información o controlar movimientos mecánicos con luz, evitaría el calentamiento del dispositivo y el hasta ahora inevitable contacto eléctrico. La posibilidad de controlar remotamente el estado ferroico con luz es, por lo tanto, un campo atractivo llamado a revolucionar por completo el sector.

Fernando Rubio-Marcos, Adolfo Del Campo, Miguel A. García y José F. Fernández, del Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC), junto con Germán R. Castro del ESRF The European Synchrotron de Grenoble (Francia) y Diego A. Ochoa y José E. García, de la Universitat Politècnica de Catalunya, han demostrado por primera vez la posibilidad de deformar controladamente y de forma reversible la estructura cristalina de un material ferroeléctrico mediante la aplicación de una luz visible de baja potencia (*Nature Photonics*, DOI: 10.1038/s41566-017-0068-1). Los resultados reportados evidencian la capacidad macroscópica

de sintonizar la polarización y sus propiedades relacionadas por medio de luz polarizada y de forma reversible, lo que supone un control externo sin contacto y una alta eficiencia energética. Este innovador fenómeno ha podido ser desvelado mediante el empleo *in situ* de difracción de rayos X de alta resolución de radiación sincrotrón.

Finalmente, es importante destacar que los autores confían en el potencial de las implicaciones de sus resultados en futuras aplicaciones nanotecnológicas, en particular esperan que la comutación de la polarización eléctrica impulsada mediante luz pueda competir con la comutación convencional de la polarización eléctrica mediante la aplicación de un campo eléctrico.

EL PAPEL CONSTRUCTIVO DEL RUIDO

Al ruido le suele tocar un rol de antagonista: es algo que molesta y se procura eliminar (o, al menos, reducir) al realizar casi cualquier tipo de medición. Cuanto menos, mejor. Una situación particularmente complicada es la detección de señales inmersas en ruido. Pero para este supuesto, la solución, quizás, no sea eliminarlo sino añadir (un poco) más.

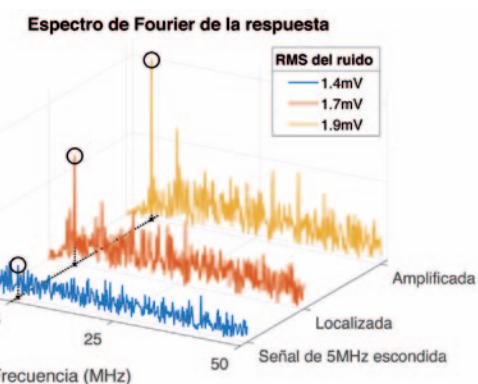
Típicamente, para detectar señales de alta frecuencia muy débiles (en comparación con el ruido de fondo) se buscaría sincronizar la señal débil con una señal de referencia, pero haría falta un cierto conocimiento de la señal que se intenta detectar. Por ejemplo, en señales de radio FM bastaría con conocer la frecuencia de la señal. Pero ¿qué hacer cuando no se dispone de esa información previa?

La clave de la respuesta está en que el ruido puede inducir orden tanto espacial como temporal en sistemas no lineales. Es este tipo de interacción la que puede facilitar la detección e, incluso, la amplificación de señales débiles. En un trabajo publicado en dos artículos de *Physical*

Review Letters (DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.086805 y 10.1103/PhysRevLett.121.086806), un equipo internacional compuesto por investigadores de Alemania, China y España, en el que participan Luis L. Bonilla, Manuel Carretero, Emanuel Mompó y Miguel Ruiz-García, del Instituto Gregorio Millán y el Departamento de Materiales de la Universidad Carlos III de Madrid, demuestran este tipo de interacción —tanto experimentalmente como mediante simulaciones numéricas— en una superred semiconductor formada alternando periódicamente capas delgadas de arseniuro de galio y arseniuro de galio y aluminio. El transporte electrónico no lineal lo controla el voltaje aplicado entre los extremos de la superred.

Tal y como señala el Dr. Bonilla, el orden temporal inducido por el ruido se manifiesta en este dispositivo electrónico mediante oscilaciones coherentes y estables de la corriente que, en ausencia de ruido, se encontraría en un estado estacionario. Este fenómeno se conoce como “resonancia coherente”. A temperatura ambiente, estas oscilaciones periódicas pueden alcanzar frecuencias que van de cero hasta cien megahercios según el voltaje DC y el ruido superpuesto aplicados al dispositivo.

Sin embargo, la interacción que reivindica la utilidad del ruido no es ésta, sino la conocida como “resonancia estocástica”: si al ruido de fondo se le superpone una señal comparativamente débil y cuya frecuencia esté en el rango de las oscilaciones causadas por la resonancia coherente, entonces ocurrirá que las oscilaciones de la corriente se sincronizarán con la señal débil y, además, se obtendrá una amplificación de la señal respecto al ruido, como ilustra la figura.



MUDIC: APRENDER FÍSICA Y DISFRUTAR

Te imaginas un lugar donde pudieras comprender los conceptos y teorías Físicas sin esfuerzo, disfrutando al mismo tiempo. Eso es lo que en el **Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias** de la Vega Baja del Segura de la Comunitat Valenciana (MUDIC-VBS-CV, <http://www.mudic.es/>) se propone a los visitantes.

El MUDIC-VBS-CV tiene tres salas con 60 módulos experimentales de los cuales más de 30 presentan conceptos y teorías de la Física. Además cuenta con un planetario, **Henrietta Swan Leavitt**, y 4 talleres dedicados a contenidos de Física de los más de 20 que ofrece a sus visitantes.

El museo recibe alrededor de 13.000 alumnos visitantes de infantil, primaria y secundaria acompañados por sus profesores.

En la **sala María Skłodowska** los alumnos pueden jugar al billar en una mesa elíptica, pedalear para mover los coches de un Scalextric, observar cómo las bolas se distribuyen en una figura parecida a una campana. Conocer los secretos de la electricidad y el electromagnetismo, desde la primera pila hasta la producción de electricidad me-



dante campos magnéticos y eléctricos variables. Manejar maquetas para entender mejor las estaciones y los eclipses y medir la temperatura y la presión tal y como lo habrían hecho Galileo y Torricelli casi quinientos años antes.

En la **sala Charles Darwin** los visitantes pueden pesarse como si fueran astronautas, disparar un cañón de etanol, conocer la morfología y fisiología del ojo y corregir sus defectos, volar delante de un espejo, realizar reacciones químicas sencillas y sorprendentes, especular con la bola que llegará antes a la meta por la cicloide o en línea recta, para terminar subiéndose a un ascensor que no sirve para bajar o subir, pero si para comprobar la Teoría de la Relatividad.

En la **sala Isaac Newton** los visitantes pueden meterse en el interior de una cámara fotográfica y experimentar desde dentro como se forman las imágenes, pueden tomar fotografías en papel utilizando latas de refresco y luego revelarlas hasta obtener el positivo. Pueden reproducir el experimento que permitió a Herschel descubrir el infrarrojo, observar la desviación de los rayos de un láser cuando pasan del aire al agua y viceversa, experimentando el fenómeno de la reflexión total

y su aplicación práctica en la fibra óptica. Pueden simular que tienen solo cabeza, multiplicar o deformar su imagen jugando con espejos y explicar fenómenos como la polarización y la fluorescencia. Si entran en la sala de espectroscopia podrán observar el espectro solar y de diferentes lámparas, midiendo las longitudes de onda de las líneas y bandas.

Los módulos y talleres han sido pensados y preparados por profesores de la Asociación de Profesores de Ciencias "Hypatia de Alejandría" organizados en equipos. El museo también tiene una escuela de teatro y cine científico en la que participan más de 30 alumnos de Secundaria y programa actividades de formación en enseñanza STEAM para profesores.

TERATORR TECHNOLOGIES
SALE - REPAIR - EXCHANGE
España y Portugal



Expertos en vacío, análisis y adsorción de gases, ciencia de materiales, criogenia y control térmico



Distribuidores oficiales:



Agilent Technologies



HS
Herrero Sealing



PVR
VACUUM DESIGN



HANBELL
VACUUM TECHNOLOGY



HIDEN
ANALYTICAL



HIDEN
ISOCHHEMA



Lake Shore
CRYOTRONICS



JANIS

34 Revista Española de Física • 32-4 • Octubre-diciembre 2018

Calle las Fábricas, 1
28923 Alcorcón - Madrid