

sociedad

Futuro

FÍSICA Estado sólido

La veloz carrera de los electrones en un metal

EMILIO MÉNDEZ

Las fronteras de la ciencia siguen expandiéndose sin final aparente. En el límite superior, los científicos observan los confines del universo y nos acercan a los albores de su nacimiento. Las distancias y tiempos a los que tenemos acceso se hacen cada vez mayores, y las cantidades que los describen marean de tan sólo leerlas. (El radio del universo conocido se fija en unos cuatro millones de trillones de metros y su edad se estima en 400.000 billones de segundos, o un cuatro seguido de 17 ceros). En el límite inferior, se especula con el origen de la vida y la esencia de la materia.

A la vez, nuevos instrumentos y nuevos materiales han hecho posible la ciencia de lo ultrapequeño, o nanociencia, y su aplicación práctica está dando ya sus primeros frutos. Uno de ellos es la miniaturización de los discos duros de los ordenadores, basada en el efecto de magneto-resistencia gigante, que "puede considerarse una

Las 'cámaras' usan brevísimos pulsos de luz para congelar la imagen

Muchas reacciones químicas ocurren en billonésimas de segundo

de las primeras aplicaciones reales de la nanotecnología", según el comunicado de la Academia de las Ciencias de Suecia al otorgar este año a los descubridores de ese fenómeno el premio Nobel de Física.

En nanociencia, el tamaño de los objetos, que en algunos casos se acerca al de las moléculas, se mide en nanómetros, o mil millonésimas de metro. (Si en Google redujéramos el mapa de España al tamaño de una cabeza de alfiler, el diámetro del reloj de la Puerta del Sol mediría un nanómetro). Paralela a esta escala de pequeñísimas distancias corre otra de tiempos cortísimos, igualmente importante, porque para entender y controlar muchos fenómenos físicos o procesos químicos hay que saber su dinámica, cuánto tardan y cómo evolucionan hasta su estado final.

La emisión de luz en el diodo láser de la cabeza lectora de un CD ocurre tan sólo unas centenas de nanosegundos después de empezar a circular la corriente. Muchas reacciones

químicas ocurren en billonésimas de segundos, o picosegundos, y durante ellas las interacciones entre las moléculas duran unas mil veces menos, o sea unos femtosegundos. Descendiendo en esta vertiginosa escala llegamos a la millonésima de una billonésima de segundo, o attosegundo, con que se mide el tiempo que tardan los electrones en ir de una molécula a otra o en recorrer distancias subnanométricas en un metal. Estas cantidades son importantes en futuras aplicaciones optoelectrónicas y en una posible electrónica molecular.

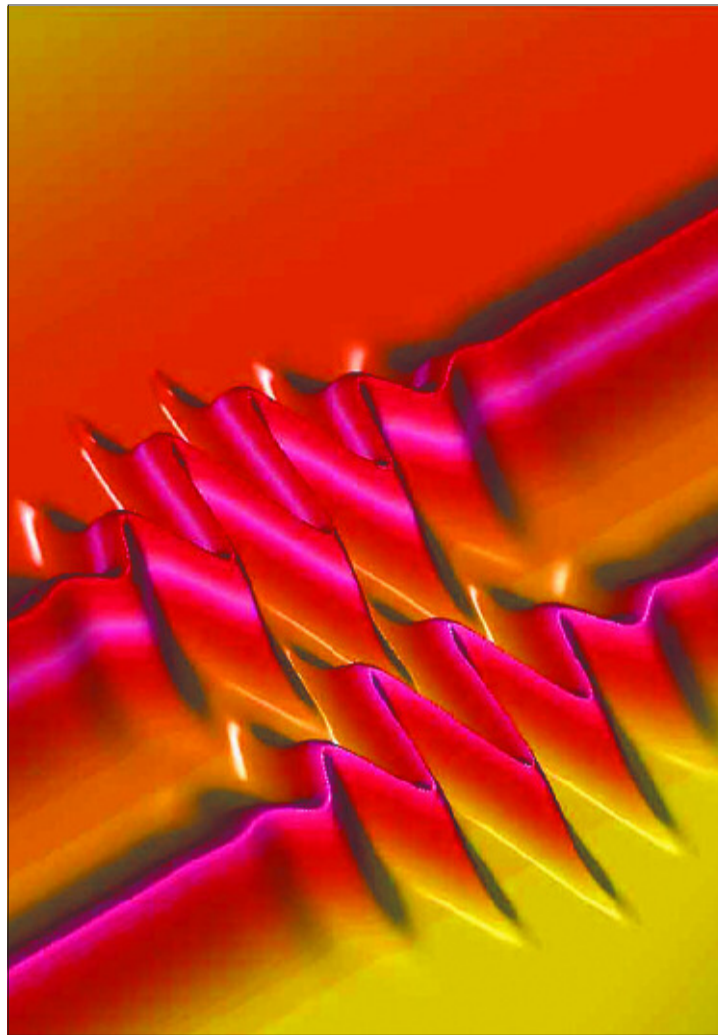
Para poder registrar la llegada a la meta de dos corredores separados por unas centésimas de segundo, los fotógrafos usan cámaras especiales con tiempos de exposición muy cortos. Algo parecido hacen los científicos para estudiar procesos moleculares y fenómenos nanométricos aunque sus cámaras son bastante más complejas, valen cientos de miles de euros y usan brevísimos pulsos de luz láser para congelar la imagen.

Desde hace unos años es posible fotografiar fenómenos que duran unas decenas de femtosegundos. Pero a finales del siglo XX parecía tocarse fondo, pues la anchura mínima de los pulsos de luz tiene un límite infranqueable: lo que dura un periodo de la oscilación electromagnética, que para un láser visible es de unos pocos femtosegundos.

En 2001, el grupo de Ferenc Krausz, entonces en la Universidad Técnica de Viena y ahora en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica de Múnich, logró superar esa barrera. Usando un método ingenioso y complicadísimo, el grupo consiguió generar pulsos de unos cien attosegundos de luz en el ultravioleta profundo a partir de pulsos visibles de cinco femtosegundos. Nació así la attofísica.

Ese ha sido precisamente el método empleado para observar por vez primera el movimiento de los electrones desde el interior de un átomo de un metal hasta su superficie. El trabajo, publicado en el último número de la prestigiosa revista *Nature* y mereciendo su codiciada portada, es fruto de la colaboración de siete grupos europeos, entre ellos el del español Pedro Echenique, del Instituto Mixto CSIC-Universidad del País Vasco y del Centro Internacional Donostia de Física.

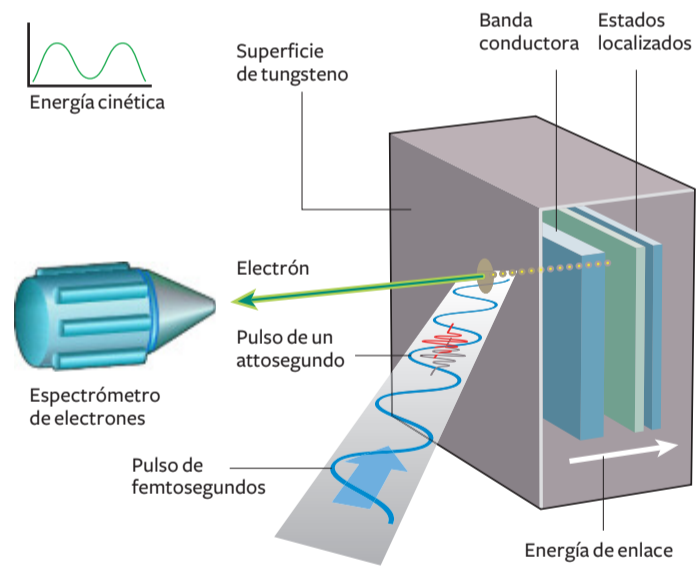
El experimento consiste en extraer electrones de un metal mediante lo que se conoce como efecto fotoeléctrico, explicado por Einstein en 1905 (por lo que recibió el premio Nobel en 1921) y que es la base de las células solares. En ellas, la luz visible libera electrones de una lámina de silicio y produce una



Representación del viaje de los electrones por un sólido. / CSIC-UPV

Pulsos de luz ultrabreves

En el experimento se ha usado un pulso de luz ultravioleta ultrabreve para liberar electrones de una muestra de tungsteno. Un detector o espectrómetro, situado frente al emisor, registra la llegada de los electrones, mide su energía y separa los que provienen de la superficie de los átomos de los que proceden del interior de los átomos.



Fuente: Nature.

EL PAÍS

corriente eléctrica. En el nuevo experimento se ha usado un pulso ultravioleta para liberar electrones de una muestra de tungsteno. Un detector especial, o espectrómetro, situado frente al emisor, registra la llegada de los electrones, mide su energía y separa los que provienen de la superficie de los átomos de los que proceden del interior.

Tras un elaborado análisis de las marcas registradas en el detector por los electrones de origen distinto se ha concluido que los superficiales llegan 110 attosegundos antes que los del interior, dado que éstos han de recorrer una distancia adicional aproximada de 0,1 nanómetros. Basado en cálculos de los tiempos de emisión, Echenique ha estimado un retraso de unos 90 attosegundos, en excelente acuerdo con el experimento.

El trabajo abre las puertas al estudio en materiales sólidos de fenómenos con gran importancia tecnológica pero poco comprendidos, como los pasos intermedios durante la extracción de electrones en un metal o la transferencia de carga entre moléculas. En unos años, también los pulsos de luz sincrotrón cruzarán la barrera de los attosegundos y se podrá observar con exquisito detalle la danza molecular durante una reacción química. El mundo de lo ultrabreve está entrelazado con el de lo ultrapequeño, y la attofísica y la nanociencia empiezan a ser inseparables.

Emilio Méndez (emendez@bnl.gov) es director del Centro de Nanomateriales Funcionales del Laboratorio Nacional de Brookhaven (Nueva York).

MOLÉCULAS

► De la luz al sonido

Avances obtenidos en los últimos años en el control de la luz se pueden aplicar al sonido, demuestran investigadores españoles en la revista *Nature Physics*. El equipo dirigido por Francisco José García Vidal, de la Universidad Autónoma de Madrid, ha creado haces focalizados de ondas acústicas mediante la corrugación de la superficie de un material. Los científicos creen que el hallazgo puede abrir un nuevo campo de investigación en acústica, con aplicaciones en medicina o análisis de materiales.

► Cambio de sexo

Biólogos de la Universidad de Utah (EE UU) han manipulado genéticamente gusanos nematodos para hacer que sean atraídos por ejemplares de su mismo sexo. "La conclusión es que la atracción sexual es parte estructural de los circuitos cerebrales comunes a ambos sexos y no se debe sólo a que se añaden neuronas al cerebro de la hembra o del macho", ha dicho Jamie White, principal autora del experimento, publicada en *Current Biology*.

► ITER ya existe

El 24 de octubre pasado quedó formalmente creada la organización internacional ITER, destinada a desarrollar el reactor internacional experimental de fusión nuclear. El 21 de noviembre de 2006, representantes de la Unión Europea, Japón, China, India, Corea del Sur, Rusia y EE UU firmaron el acuerdo que ha sido ratificado ya por todos estos países. Con sede en Cadarache (Francia). "Esta fecha es un hito en la historia de nuestra organización", declaró Kaname Ikedá, director general de ITER. "Nuestros países miembros han establecido un modelo completamente nuevo de colaboración internacional".

► Meteorito peruano

Un choque sónico registrado en una estación de La Paz ha confirmado que el cráter producido el pasado 15 de septiembre en la localidad peruana de Carancas fue hecho por un gran meteorito. Según el especialista canadiense Peter Brown, su energía cinética fue equivalente a 0,03 kilotonnes de TNT. Se han recuperado más de 20 kilogramos de fragmentos, pero los científicos creen que habrá muchos más en el fondo del cráter inundado y piden que se extraigan antes de que se oxiden y queden destruidos.

► Dromedarios enfermos

Una epidemia cuya causa se desconoce está diezmando los dromedarios en muchas zonas del cuerno de África y Arabia Saudí. En este último país, más de 2.000 ejemplares han muerto en un mes. La organización CIRAD estudia un virus como posible causa.