Del 10 al 14 de septiembre en Miraflores de la Sierra

Las capas de invisibilidad y el reloj más preciso del mundo protagonizan la XXV Escuela Internacional Nicolás Cabrera, dedicada a la nanofotónica

- Esta edición de la escuela, organizada cada año por el Instituto Universitario de Ciencias de Materiales Nicolás Cabrera de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y la Fundación BBVA, congrega a casi 300 investigadores de 24 países, entre ellos a algunos de los principales expertos en el control de la luz a escala nanométrica
- La nanofotónica está desvelando fenómenos físicos sorprendentes e inesperados, y con aplicaciones potenciales en áreas tan diversas como las telecomunicaciones, la biomedicina o la computación
- En el encuentro participan el británico John Pendry, pionero en el desarrollo de capas de invisibilidad con metamateriales, y la suiza Úrsula Keller, creadora del attoreloj, que mide intervalos de tiempo tan cortos como los que tarda la luz en recorrer el grosor de un átomo

Madrid, 7 de septiembre de 2018.- Pocos físicos hubieran afirmado hace solo dos décadas que fuera posible hacer del todo invisible un objeto macroscópico, ver virus o átomos con una simple lente instalada en un *smartphone*, o hacer pasar la luz por agujeros más estrechos que ella misma. Ahora no solo se sabe que esos objetivos son alcanzables, sino que la joven área de la física en que se enmarcan, la nanofotónica, bulle de actividad y promete generar revolucionarias aplicaciones tecnológicas. La XXV edición de la Escuela Nicolás Cabrera, que se celebra en la localidad madrileña de Miraflores de la Sierra del 10 al 14 de septiembre, congrega a algunos de los principales líderes internacionales en el campo de la nanofotónica.

La Escuela, organizada cada año por el Instituto Universitario de Ciencias de Materiales Nicolás Cabrera de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) con la colaboración de la Fundación BBVA, se titula en esta edición *Manipulating Light and Matter at the Nanoscale (Manipulando la luz y la materia en la nanoescala)*. Participan en ella 25 expertos internacionales y más de 264 alumnos –estudiantes en su mayoría, pero también investigadores– de una veintena de países.

La nanofotónica ha emergido en las últimas décadas como una consecuencia inesperada de la recientemente adquirida capacidad de observar y controlar la materia a escala nanométrica, la escala de los átomos y moléculas. Cuando los investigadores empezaron a estudiar la interacción de la luz con la materia a esas dimensiones, se encontraron con fenómenos inesperados, aparentemente contrarios a predicciones teóricas anteriores. Hoy, superada solo en parte la sensación de sorpresa, los físicos están aprendiendo a aprovechar esos fenómenos para controlar la luz a escala nanométrica.

Algunas de las aplicaciones fruto de la nanofotónica están ya en el mercado, como pinzas ópticas para atrapar moléculas individuales o sensores ultraprecisos. También hay patentes que utilizan la nanofotónica para el desarrollo de antenas en aviones o aprovechan las propiedades ópticas de las nanopartículas en cremas, productos de cosmética e incluso en sistemas antifraude para sellos y billetes basados en píxeles nanofotónicos extremadamente brillantes.

Pero la lista de aplicaciones potenciales es mucho mayor y tendrá impacto en sectores muy diversos, sobre todo en "energía, en química y biología, y en telecomunicaciones", señala Antonio I. Fernández Domínguez, investigador del Instituto de Física de la Materia Condensada (IFIMAC) de la UAM y co-organizador de la Escuela junto con sus colegas del IFMAC Iohannes Feist y Francisco J. García Vidal.

"Los fotones son la sonda, el mensajero que más información nos da en nuestro día a día a través de la visión", prosigue Fernández Domínguez. "La nanofotónica intenta seguir explotando esta forma de operar, de *ver*, en regímenes de espacio y de tiempo que hasta ahora eran inaccesibles no ya por la falta de tecnología, sino por la naturaleza misma de la luz. Podría decirse que la nanofotónica intenta hacer visible lo que es invisible, y a veces también invisible lo visible. Con la nanofotónica controlamos la luz a escalas de espacio y tiempo que creíamos inherentemente inalcanzables".

Entre los participantes en esta XXV edición de la Escuela se encuentran el británico John Pendry y la suiza Ursula Keller, dos de los expertos mundiales más relevantes en el control espacial y temporal de la luz, respectivamente. Pendry es famoso por sus propuestas para el desarrollo de capas de invisibilidad y de una lente *perfecta*. Keller, por su parte, ha creado el attoreloj, que mide intervalos de tiempo tan cortos como los que tarda la luz en recorrer el grosor de un átomo.

Adiós a la barrera de la longitud de onda

Desde finales del siglo XIX, cuando se desarrolló la teoría de la resolución óptica de microscopios, se sabe que la luz solo *tropieza*, o *rebota*, en obstáculos de un determinado tamaño en relación a su longitud de onda –*ver*

algo implica recibir las partículas de luz que rebotan en ese algo–. La longitud de onda de la luz viene a ser su *tamaño,* el espacio que ocupan las partículas de luz, los fotones, al desplazarse. La longitud de onda de la luz que detecta el ojo es de entre 0,4 y 0,8 milésimas de milímetro aproximadamente; los fotones de esa longitud de onda no tropiezan con nada que sea más pequeño, que por tanto será invisible para los humanos.

Este hecho no tiene discusión. Pero al estudiar la interacción de la luz con la materia a escala nanométrica se descubrieron fenómenos que permiten sortear este principio, y que han hecho posible operar con luz en espacios más pequeños que su longitud de onda. Esto es lo que ha determinado el auge de la nanofotónica. "Hoy en día se ha logrado un control sin precedentes sobre la luz a escala inferior a su longitud de onda", explican los organizadores de la Escuela. "Esto ha conducido a un excepcional aumento del conocimiento sobre la interacción entre la luz y la materia, y ha abierto nuevas vías al desarrollo de la ciencia de materiales y de tecnologías fotónicas operando en la nanoescala".

Invisibilidad y lentes 'perfectas'

Uno de los fenómenos que ocurren entre luz y materia en la nanoescala es la formación de *plasmones*. Cuando la luz incide sobre un metal, la interacción entre los electrones del metal y el campo electromagnético de la luz puede tener un efecto similar al de una piedra lanzada al agua: se generan ondas. Estas ondas son los *plasmones de superficie,* y en ellos los electrones del metal se *fusionan* con los fotones. Controlando el comportamiento de los *plasmones*, los investigadores están convirtiendo en realidad objetivos casi de ciencia ficción.

Dos de los ejemplos más llamativos son las capas de invisibilidad y las lentes *perfectas*, dos líneas abiertas por Pendry, del Imperial College of Science and Technology, en Londres. Pendry es pionero en el desarrollo de los *metamateriales,* materiales cuyas propiedades ópticas no dependen de su composición química sino de su estructura en la nanoescala. Los metamateriales permiten un control sin precedentes sobre la luz, y Pendry se basó en ellos para proponer, en 2001, que "doblando de forma astuta la luz, ésta podía utilizarse para ver objetos mucho más pequeños que ella misma (su longitud de onda), convirtiendo en visibles objetos que por diminutos se habían considerado hasta entonces invisibles", explican los organizadores.

Esta lente *perfecta, que* desafía las leyes de la física porque no tendría límite de resolución, permitiría por ejemplo ver bacterias o virus con un *smartphone*. Pendry hizo su propuesta en un trabajo breve que despertó gran polémica. En la actualidad muchos grupos trabajan para desarrollar su lente *perfecta*.

Como una broma en un congreso, Pendry predijo también que con metamateriales sofisticados se podrían construir capas o escudos de

invisibilidad. Al cubrir los objetos con este manto, la luz rodea el objeto como el agua de un lago rodearía una piedra, y después sigue su camino sin perturbarse. De esa manera el objeto ni refleja luz, ni tiene sombra. Esta idea despertó instantáneamente gran interés tanto científico como tecnológico, y ya a principios de 2006 se había creado el primer escudo de invisibilidad, aún imperfecto, con luz de microondas. Pendry y otros muchos grupos siguen trabajando en desarrollar otros escudos para luz visible y radiación de todo el espectro electromagnético.

Además de Pendry, también participa en la Escuela como experto en la fabricación y caracterización de metamateriales Martin Wegener, del Karlsruhe Institute of Technology, en Alemania.

Miles de millones de pulsos láser en un segundo

La nanofotónica también permite operar con fotones en escalas de tiempo antes impensables. En esta área la experta es Úrsula Keller, pionera en el desarrollo de los láseres ultrarrápidos, que son pulsos de luz tan breves que billones, e incluso trillones, de ellos pueden emitirse en un solo segundo, lo que supone la máxima expresión en el control temporal de la luz.

Los láseres ultrarrápidos tienen multitud de aplicaciones en biomedicina, electrónica de consumo –*smartphones*, pantallas táctiles, etc.– o la industria del automóvil. "El iPhone no existiría sin los láseres ultrarrápidos", ha dicho Keller, directora del National Center of Competence in Research for Molecular Ultrafast Science and Technology (MUST), en Zurich (Suiza). El mercado global de los láseres ultrarrápidos se valora hoy en más de 2.100 millones de euros y se espera que en cinco años supere los 8.000 millones.

Además, Keller ha desarrollado el atto-reloj –*attoclock*–, capaz de medir lo que tarda la luz en viajar entre dos átomos vecinos –trillonésimas de segundo–. Así es posible congelar en el tiempo el movimiento de los electrones y estudiar las reacciones subatómicas. Es un desarrollo que abre una vía de entrada al mundo cuántico –al tiempo cuántico–, y se ha convertido por ello también en una herramienta esencial para la investigación básica.

Keller ha recibido este año el 2018 European Inventor Award Lifetime Achievement Prize por sus invenciones de láseres ultrarrápidos, un premio que otorga la Oficina Europea de Patentes a inventores cuyo trabajo responde a "algunos de los mayores retos de nuestra época".

Fotosíntesis y computación cuántica

Una rama de la nanofotónica es la bio-fotónica, que investiga procesos fotosintéticos en vegetales y bacterias. La fotosíntesis es el proceso que sustenta casi toda la vida en la Tierra, pero aún se sabe poco sobre las antenas que captan la luz en los organismos fotosintetizadores o sobre los elementos

que transportan la energía solar hasta el centro de reacción, donde tiene lugar la fotosíntesis. Como explican los organizadores, "en los últimos años ha habido mucha controversia sobre estos procesos de captación y transporte de la luz; esperamos poder aprender de la naturaleza para mejorar la tecnología fotovoltaica". Niek van Hulst, del Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), y Martin Plenio, de la Universidad de Ulm (Alemania), abordarán esta área.

Van Hulst hablará también, al igual que Jeremy Baumberg, de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), de las oportunidades que brinda la nanofotónica para la computación cuántica. Controlar los fotones uno a uno es la base de la computación y las comunicaciones cuánticas, y la nanofotónica ofrece una forma de conseguirlo, atrapando la luz en cavidades de dimensiones nanométricas.

Shanhui Fan, de la Universidad de Stanford (EEUU) y Luis Martín Moreno, de la Universidad de Zaragoza, se centrarán en la interfaz entre electrónica y fotónica en la nanoescala, un área que conduce al desarrollo de nanoestructuras para catálisis y fotodetección, a los nano-láseres, al control y la ingeniería de las propiedades ópticas de materiales bi-dimensionales como el grafeno, el fósforo negro o el nitruro de boro, y al control de la radiación de calor en distancias nanométricas.

Para más información, puede ponerse en contacto con el Dpto. de Comunicación y Relaciones Institucionales de la Fundación BBVA (91 374 52 10 / 91 374 31 39) / comunicacion@fbbva.es) o consultar en la *web* www.fbbva.es