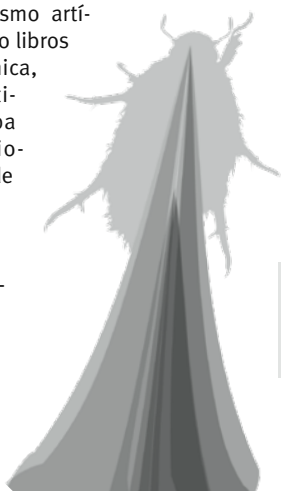


índice de refracción negativo en la onda de luz utilizada para las telecomunicaciones. Este material podría suponer un gran avance para las tecnologías de comunicaciones e imagen, ya que demuestra que es posible lograr un índice refractivo negativo en el campo óptico.

El nuevo material consiste en unas diminutas barras de oro que conducen nubes de electrones o plasmones con una onda de luz próxima a la infrarroja que mide 1.5 micras, igual que la onda que es empleada para las comunicaciones de fibra óptica.

IV. Actividades

1. Glosario y mapa de conceptos. Pedir a los alumnos que elaboren un glosario con todos los términos de física (óptica) que aparecen en el artículo y, partiendo del mismo artículo o consultando libros de física y química, elaboren a continuación un mapa donde se relacionen, por medio de conectores, cada uno de los conceptos.
2. Utilizar el artículo y guía como agentes motivadores en



la enseñanza del tema de óptica (en física) o de propiedades de los materiales (química).

3. Investigación en Internet en búsqueda de más aplicaciones: tener en cuenta que hay que partir de fuentes confiables (medios serios de comunicación, universidades y/o páginas de institutos o agencias reconocidas en ciencia y tecnología).
4. Elaborar un ensayo (buscando información previamente) sobre las posibles aplicaciones bélicas de los metamateriales. Se puede rentar y ver la película *Stealth* y analizar el funcionamiento de la nave "invisible" conjuntamente con el artículo.
5. Analizar algunos aspectos de la entrevista con mayor profundidad, en términos económicos y sociales, e investigar si en México se están haciendo algunos estudios sobre metamateriales.

V. Mesografía

- www.euroresidentes.com/Blogs/noticias/2005/11/metamateriales-para-las.html
- www.tendencias21.net/Nuevo-dispositivo-de-metamateriales-protgera-las-costas-de-los-tsunamis_a2598.html
- www.jornada.unam.mx/2008/08/12/index.php?section=ciencias&article=a02n1cie
- http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/science/newsid_3544000/3544625.stm
- www.solociencia.com/ingenieria/06021119.htm

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.

INVISIBILIDAD a la vista



Por: Rosa María Catalá
Marzo 2009

De: Daniel Martín Reina
(No. 124, p. 10)

Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, como un complemento a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

Esta guía y el artículo de referencia pueden utilizarlo sobre todo maestros de física y química, ya que la información adicional que se incluye trata sobre conceptos muy relacionados con estas disciplinas, enmarcados en la importancia del estudio de nuevos materiales con propiedades ópticas insólitas.

II. Más información

Buscando *metamateriales* en Internet, descubre uno que su definición y tratamiento no son exclusivos del idioma inglés. En español la definición de metamaterial se encuentra hasta en Wikipedia y son varias las páginas que abordan el tema desarrollado en el artículo. Entre las que más llaman la atención se encuentra la página de la BBC, donde aparece una entrevista con Daniel López, investigador del Laboratorio de Nanofabricación de Bell Labs, de Lucent Technologies, con sede en Nueva Jersey, Estados Unidos. A continuación se reproduce un fragmento:

—¿Qué son los metamateriales?

—En general, se trata de compuestos ordenados cuyas propiedades físicas son distintas a la de sus constituyentes. Por ejemplo, el índice de refracción de un metamaterial puede ser negativo mientras el índice de refracción de las partes constituyentes es siempre positivo. Algunos de ellos se fabrican con técnicas de

nanotecnología similares a las que se usan para fabricar micromáquinas y circuitos integrados. Una de las aplicaciones más populares de estos metamateriales radica en la fabricación de lentes planas. En general, la forma de las lentes ópticas es lo que define sus propiedades y para algunas aplicaciones específicas la forma de la lente es difícil de fabricar. Una ventaja de los metamateriales es que con ellos se podría fabricar lentes planas que permitan enfocar luz en áreas muy pequeñas (más pequeña que la longitud de onda de la luz). Mientras en una lente de vidrio la forma y detalles de la superficie definen sus propiedades, en un metamaterial el tamaño de sus componentes define sus características.

—¿Sólo pueden desarrollarse los metamateriales con nanotecnología?

—No solamente. Hoy también se fabrican usando microtecnología. Es importante poder fabricar artificialmente estos metamateriales con tamaños del orden de nanómetros a varias micras, para poder diseñarlos para el uso que uno quiere. Nanotecnología es la ciencia de fabricar y controlar estructuras y máquinas con tamaños menores a

una micra. Para comparar, el diámetro de un pelo humano es de aproximadamente 50 micras.

Para aplicaciones ópticas, el tamaño de las partes que forman el metamaterial varía desde nanómetros hasta una micra, mientras que para aplicaciones en comunicaciones se necesitan tamaños entre micras y milímetros.

—¿Además de que en la óptica permiten lentes mucho mejores, los metamateriales también abrirían nuevos campos en computación?

—Algunas personas están pensando en usarlos en las llamadas computadoras ópticas, pero no hay ningún resultado serio por el momento.

—¿Qué papel tiene el cobre en todo esto?

—Los primeros prototipos de metamateriales fueron fabricados usando cobre como material conductor. Pero, en principio, cualquier material conductor puede ser utilizado

III. Otras aplicaciones

Protecciones costeras

Científicos de la Universidad de Liverpool, en el Reino Unido, del Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia y de la Universidad de Aix-Marseille están desarrollando un novedoso sistema que podría reducir el riesgo de que el mar penetre en las costas, en caso de tsunamis o de grandes olas.

Se trata de un dispositivo realizado con metamateriales que, en un futuro, permitirá que las protecciones costeras se vuelvan “invisibles”, y que guiará de manera efectiva, según los investigadores, el agua hacia donde no pueda hacer daño. Según publica la Universidad de Liverpool en un comunicado, los metamateriales fueron inventados por el físico John Pendry, del Imperial College de Londres. Fue en esta institución donde los científicos se dieron cuenta de que estos materiales pueden desviar la radiación electromagnética —la luz, las microondas o las ondas

del radar— alrededor de un espacio esférico, haciendo que los objetos de su interior parezcan invisibles.

La estructura planteada por los investigadores europeos pretende aprovechar estas capacidades para aplicarlas a las costas. Pero aún se encuentra en período de pruebas. En ellas, según explican los científicos en la revista especializada *Physical Review Letters*, lo que se ha conseguido es que una estructura cilíndrica fabricada con metamaterial deforme la superficie de olas (líquidas) que fueron provocadas por una fuente acústica cercana y en un intervalo finito de frecuencias. El dispositivo de metamaterial, realizado a pequeña escala, está compuesto por una serie de pilares rígidos que, a mayor escala, ayudarían a guiar el agua a través de unos corredores concéntricos. Los pilares interactuarían con el agua, empujándola en diferentes direcciones a través de los corredores e incrementando su velocidad a medida que el agua se acerca al centro de la estructura, como en un remolino. En este proceso las olas no llegarían a romperse y saldrían de la estructura como si nunca hubieran sido perturbadas.

Uno de los autores del estudio, Sebastián Guenneau, del Departamento de Ciencias Matemáticas de la Universidad de Liverpool, explica que defender las costas contra los ataques del mar constituye un gran desafío para científicos e ingenieros de todo el mundo. Los sistemas de defensa contra el mar deben resistir grandes fuerzas, y siempre existe el peligro de que sean superados por el agua o que ésta penetre en sus estructuras. Si esto sucede, los daños pueden ser inmensos. Según Guenneau, lo realmente único en esta nueva estructura es que, a diferencia de los sistemas tradicionales de protección contra el mar, interactúa con el agua, guiándola hacia un destino particular, más que rompiéndola y enviándola a cualquier sitio.

En futuras pruebas, los científicos investigarán cómo reproducir este mismo efecto en una situación real, de manera que la estructura sirva para prevenir desastres naturales como los tsunamis y para defender construcciones

que suelen verse afectadas, como las instalaciones petroleras. El estudio ha sido dirigido por el matemático Alexander Movchan, de la Universidad de Liverpool, y el físico Stefan Enoch, del Instituto Fresnel.

El cuidado de las costas contra la erosión y los efectos del mar se remonta a hace miles de años, cuando ya se construían dársenas, rompeolas y otras obras portuarias manualmente. En el siglo XXI, sin embargo, la protección contra los ascensos del nivel del mar cobra cada vez más importancia, dado que estos ascensos se están acelerando por el cambio climático.

En lo que se refiere a los tsunamis, algunos países han construido rompeolas, diques y otras estructuras para tratar de debilitar la fuerza de los tsunamis y reducir su altura. En Japón, por ejemplo, los ingenieros han levantado enormes terraplenes para proteger los puertos, y rompeolas para angostar las bocas de las bahías, en un esfuerzo por desviar o reducir la energía de las olas.

Telecomunicaciones

Un equipo de ingenieros de la Universidad Purdue ha logrado crear un material que posee un

