

¿Quiere dejar de fumar?

La Clínica contra el Tabaquismo, de la Facultad de Medicina de la UNAM, brinda servicio a aquellas personas que quieran dejar de fumar y, con ello, tener una mejor salud y calidad de vida. A partir de enero de 2011 puede llamar a los teléfonos 54-24-18-47 y 56-23-21-02, para anotarse en la lista de grupos de tratamiento.



**PROYECTO UNAM**

Coordinador: Roberto Arturo Gutiérrez Alcalá robargu@hotmail.com

# GRAFENO: UN MATERIAL DE "OTRO MUNDO"

De la punta de un lápiz se puede obtener algo nunca antes visto, algo que para la física teórica no podía existir: un nuevo material de sólo dos dimensiones, con propiedades asombrosas: el grafeno.

En 2004, los físicos Andre Geim y Konstantin Novoselov, de la Universidad de Manchester, Inglaterra, obtuvieron en laboratorio capas de grafeno a partir de un experimento que consistió en despegar repetidas veces una cinta adhesiva doblada e impregnada de hojuelas de grafito.

Seis años después, en octubre pasado, estos científicos rusos ganaron el Premio Nobel de Física 2010 por sus notables aportaciones a la ciencia básica relacionadas con las propiedades insólitas e impactantes de ese cristal de carbono bidimensional (algo que no podía existir) y con sus posibles aplicaciones tecnológicas.

"Los experimentos realizados con el grafeno suponen un punto de inflexión en los fenómenos de la física cuántica", dijo el Comité de los Premios Nobel.

"El grafeno es el material más duro y delgado jamás hallado (es un millón de veces menos grueso que una hoja de papel). Es también el mejor conductor de electricidad y de calor. Además, tiene propiedades ópticas interesantes", asegura el doctor Gerardo García Naumis, quien encabeza un equipo de investigadores dedicado a su estudio teórico en el Instituto de Física de la UNAM.

Con el grafeno se podrán fabricar, en un futuro no muy lejano, aparatos electrónicos innovadores, transistores más eficientes que los actuales de silicio, procesadores más veloces, nuevos paneles de luz y celdas solares, y otros productos y componentes muy fuertes y, al mismo tiempo, delgados, elásticos y translúcidos.

Además, mezclado con plásticos, será un conductor de electricidad muy resistente al calor.

**Lámina**

El grafeno es una lámina formada por átomos de carbono dispuestos en los vértices de una red hexagonal que se parece a un panal de abejas.

Esa lámina es como una autopista donde la movilidad electrónica es diez veces mayor que en los mejores materiales conductores, lo cual permite que los electrones conduzcan la electricidad con mucha más rapidez.

Gracias a esta cualidad, con el grafeno se podrán sustituir los transistores de silicio, los cuales ya no se pueden hacer más pequeños sin correr el riesgo de que se degraden rápidamente y generen mucho calor, y con los nuevos transistores de grafeno se podrán elaborar procesadores de computadoras más veloces y ahorradores de energía.

**Primer trabajo**

El primer trabajo de García Naumis sobre el grafeno, publicado en 2006 -dos años después de la obtención en laboratorio de este primer cristal bidimensional- es una predicción teórica para resolver el problema que implica construir transistores con dicho material.

"En el grafeno es difícil 'detener' los electrones. Y en un transistor, éstos tienen que ser controlados como con una llave que a veces hay que cerrar y abrir, de manera que se puedan hacer unos y otros como si fueran pulsos de corriente", indica el investigador.

En el mencionado trabajo, García Naumis propuso dopar el grafeno con una cierta concentración de átomos ligeros (de hidrógeno y litio, por ejemplo), para generar un material semiconductor en el que sí se pueda controlar el flujo de electrones.

En 2009, un grupo de investigación de la Universidad de California, EU, demostró que los cálculos de esa propuesta son correctos y que sí se pueden hacer transistores de grafeno.

El trabajo sobre el dopaje del grafeno, de García Naumis, fue incluido en el *Virtual Journal of Nanotechnology*, que publica cada mes los mejores artículos sobre esa materia a nivel mundial.

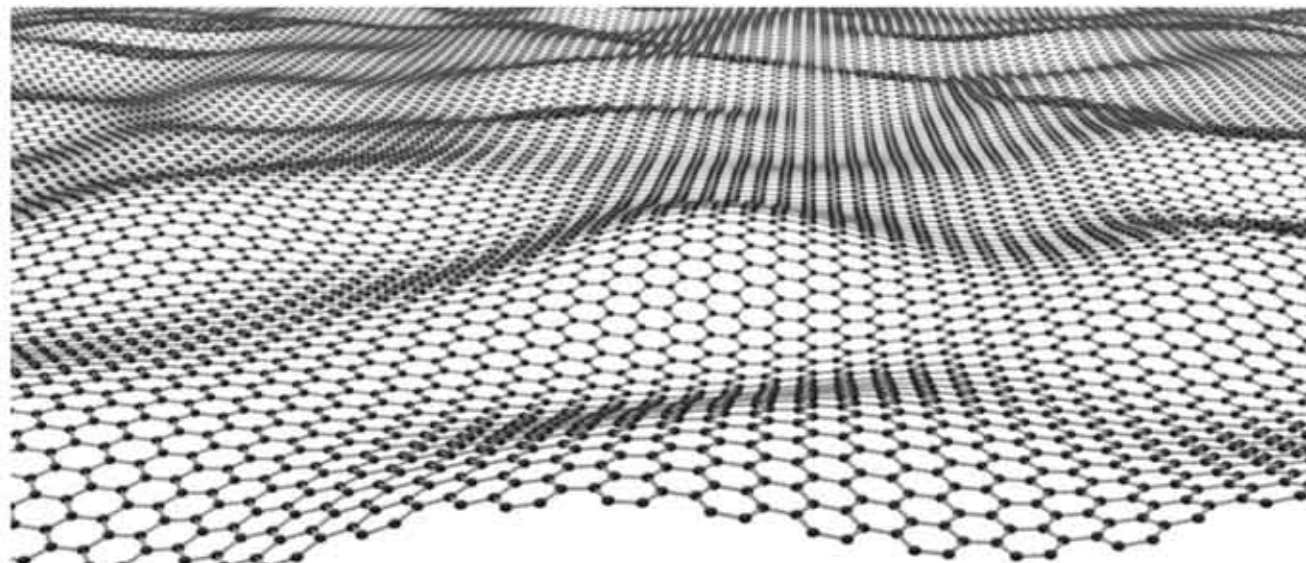
**Predicción teórica**

Otra alternativa para controlar los electrones de carbono es la irradiación del

Hace apenas 6 años fue obtenido en laboratorio por dos científicos rusos. Sus propiedades son asombrosas; y sus posibles aplicaciones tecnológicas, infinitas

**ALÓTROPOS DEL CARBONO**

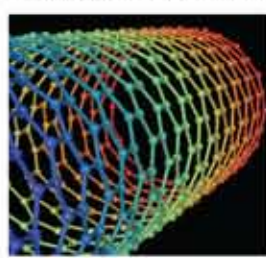
En química, la alotropía (del griego allos, otro; y tropos, manera) es la propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes. Los alótropos del carbono son:



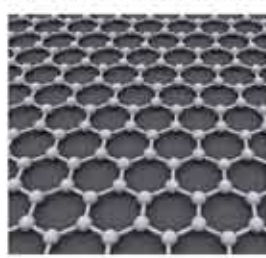
**AL MICROSCOPIO.** El grafeno es como una sábana arrugada: plano, con ligeras ondulaciones



**CON DIMENSIÓN CERO:** fullerenos (moléculas parecidas a pelotas de fútbol, formadas por pentágonos y hexágonos)



**CON DIMENSIÓN UNO:** nanotubos (alambres de una dimensión)



**CON DIMENSIÓN DOS:** grafeno (capa hexagonal)



**CON DIMENSIÓN TRES:** grafito (planos de hexágonos) y diamantes (formados por tetraedros)

**GERARDO GARCÍA NAUMIS**



**“Estamos a unos 15 ó 20 años de desarrollar un microprocesador de grafeno; ya hay una dirección clara para lograr esa meta”**

**Gerardo García Naumis, investigador del Instituto de Física de la UNAM**

**ESTUDIÓ** la licenciatura, la maestría y el doctorado en física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**REALIZÓ** un posdoctorado en el laboratorio de gravitación y cosmología cuánticas, en la Universidad de París VI. Ha sido profesor invitado en universidades de Estados Unidos, Portugal y Francia.

**ACTUALMENTE** es investigador del Departamento de Física Química del Instituto de Física de la UNAM. Ha publicado numerosos artículos en revistas internacionales, y sus trabajos han sido citados más de cien veces.

**EN 2002** fue considerado por el periódico El Universal uno de los ciento cuatro mexicanos más destacados menores de 35 años de edad.

**SUS LÍNEAS** de investigación son cuasicristales, líquidos, sistemas dinámicos, sólidos desordenados y transiciones de fase.

grafeno con ondas electromagnéticas (pueden ser ondas de radio u ondas de luz). Mediante este proceso, los electrones adquieren una "masa efectiva" y, por lo tanto, se genera una fuerte respuesta no lineal.

"Predijimos que si el sistema es perturbado con una frecuencia dada, genera lo que se llaman armónicos, o sea, responde con el doble o el triple de frecuencia. Por este efecto no lineal, el grafeno podría trabajar a frecuencias mucho más altas de las esperadas, es decir, operar a velocidades más rápidas de reloj", explica García Naumis. Esta solución para controlar los elec-

trones, postulada con base en un enfoque cuántico relativista por García Naumis y su alumno de doctorado Francisco López Rodríguez, fue comprobada por investigadores de la Universidad de Massachusetts, EU.

Una vez publicada por la editorial inglesa Francis & Taylor, la solución fue incluida en el *Philosophical Magazine* y seleccionada como uno de los siete artículos científicos más importantes relacionados con el Premio Nobel de Física 2010.

"Como nosotros somos teóricos, hicimos una predicción para controlar los electrones del grafeno por medio de la

introducción de impurezas en éste y establecimos una primera ecuación que nos permite obtener la respuesta de los electrones del grafeno con campos electro magnéticos. La solución de esta ecuación tiene utilidad práctica: con ella es posible diseñar transistores de grafeno, así como estudiar fenómenos a nivel cuántico relativista", subraya el investigador universitario.

**Analogía**

Visto al microscopio, el grafeno es como una sábana arrugada: plano, con ligeras ondulaciones, y no "plano plano", como suponía la física teórica que debería ser un cristal bidimensional.

García Naumis estudia en la actualidad qué le pasa a los electrones cuando "sienten" esas ondulaciones, lo que es equivalente a considerar partículas en un espacio curvo.

Así, para lograr una descripción del movimiento de los electrones en el grafeno, en el marco de la gravedad cuántica relativista, el investigador puma trabaja, en colaboración con el cosmólogo Richard Kerner, de la Universidad de París, Francia, en una analogía.

Un resultado preliminar de este proyecto son algunas ecuaciones que describen los electrones en ese espacio curvo y que son parecidas a las ecuaciones relativistas.

"Sin embargo, aún hay que explorar más en esa analogía; quizás podría dar pistas que ayuden a relacionar la mecánica cuántica relativista con la gravedad, algo que no alcanzó a hacer Albert Einstein", apunta García Naumis.

Y todo esto, en principio, a partir de un material que puede desprenderse de la punta de un lápiz... (Fernando Guzmán Aguilar)

Más información:  
Correo electrónico: naumis@fisica.unam.mx  
Teléfono: 56-22-51-74

**f** Siguenos en Facebook en el grupo KIOSKO-ELUNIVERSAL

**Una simple curiosidad teórica**

En un primer momento, el grafeno fue una simple curiosidad teórica. Según el teorema de Mermin-Wagner, un cristal bidimensional no podía existir porque las fluctuaciones térmicas destruían el orden de largo alcance.

El primer artículo científico sobre el grafeno data de 1947, cuando el grafito (que está formado por capas apiladas de grafeno, precisamente) se estudiaba mucho debido a que era uno de los componentes de los reactores nucleares.

A mediados de la década de los años 80 del siglo pasado, cuando, para entender las propiedades electrónicas del grafito, era necesario saber qué pasaba en dichas capas apiladas, el grafeno atrajo especialmente la atención de los investigadores.

En 1985 se descubrió el fullereno (por este hallazgo, Harold Kroto, de la Universidad de Sussex, y Robert Curl y Richard Smalley, de la Universidad de Rice, ganaron el premio Nobel de Química 1996).

En 1991 se descubrieron unos alambres de una dimensión: los nanotubos de carbono.

Y en 2004, por fin, contradiciendo la física teórica, se pudo obtener en laboratorio un material de dos dimensiones: el grafeno.



**CAPAS.** Se obtuvieron capas de grafeno a partir de hojuelas de grafito

**» Movilidad cuántica relativista**

La movilidad de los electrones del grafeno se rige por ecuaciones cuántico relativistas, que son análogas a las ecuaciones que describen el movimiento de partículas en los grandes aceleradores.

De ahí que muchos efectos que se pensaba que sólo podían estudiarse con aparatos de 30 kilómetros de longitud, ahora se puedan experimentar con un material que sale de la punta de un lápiz.



**BOEING 787.** La mitad de este avión está hecho de fibra de carbono

**» Nuevos materiales compuestos con carbono**

Los nuevos materiales compuestos con carbono están comenzando a sustituir a los metales. Así, a diferencia de los aviones antiguos, que eran de aluminio y cuyas láminas se tenían que remachar una por una, 50 por ciento del nuevo Boeing 787 está hecho de fibra de carbono, material que es tejido y cocido en hornos.