

Vida Científica

SEMBLANZAS DE LOS PREMIOS NOBEL 2010

EN FÍSICA

El Premio Nobel de Física de 2010 se concedió conjuntamente a ANDRE GEIM y a KONSTANTIN NOVOSELOV por “*sus innovadores experimentos relacionados con el material bidimensional grafeno*” [1].

El grafeno está formado exclusivamente por átomos de carbono con enlace sp^2 , ordenados formando una red hexagonal. Tiene un espesor de una única capa atómica, por lo que constituye el primer material verdaderamente bidimensional. Sus propiedades son asombrosas por lo que su estudio tiene un gran interés, tanto desde el punto de vista básico como por sus potenciales aplicaciones.

El enlace sp^2 entre el orbital s y dos orbitales p da lugar a la formación de una banda σ responsable de la estabilidad de la red, el tercer orbital p perpendicular al plano forma una banda π que en el grafeno neutro está semillena y es responsable de las propiedades electrónicas del material. El grafeno es transparente, unas cien veces más duro que el acero, pero muy flexible. Presenta una conductividad más alta que el cobre y una movilidad asombrosa de $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Estas propiedades harán posible la fabricación de dispositivos basados en grafeno como pantallas táctiles, transistores ultra rápidos o detectores de moléculas. Por su estructura de bandas se considera un semimetal o un semiconductor de gap cero.



Andre Geim (izquierda) y Konstantin Novoselov (derecha).

En la proximidad del nivel de Fermi, la relación de dispersión de sus electrones es lineal lo que corresponde a una masa efectiva cero. En esta región de baja energía obedecen la ecuación de Dirac y presentan una velocidad constante unas 300 veces menor que la de la luz. Esta dispersión lineal está en el origen de inusuales e interesantes propiedades como el efecto Hall cuántico anómalo.

El carbono es el elemento más abundante en la tierra y forma materiales muy diferentes según el enlace de los átomos: con enlace sp^3 forma el duro y transparente diamante y con enlace sp^2 el opaco grafito.

El carbono ya había sido objeto de un Premio Nobel de Química concedido en 1996 a R. CURL Jr., H. KROTO y R. SMALLEY por el descubrimiento de los fullerenos, carbono molecular de formas esféricas, como el conocido C60, que contiene 60 átomos de carbono y una forma idéntica a una pelota de fútbol [2]. En 1993 se conocieron los nanotubos de carbono constituidos por una capa de grafeno enrollada formando un cilindro. Los nanotubos se comportan como materiales cuasi-unidimensionales y sus propiedades electrónicas tienen un gran interés en nanoelectrónica [3].

El grafito es un material formado por átomos de carbono ordenados en capas apiladas. La distancia entre los átomos de carbono es mucho menor dentro de una capa, $0,142 \text{ nm}$, que entre capas contiguas, $0,35 \text{ nm}$. Las capas están débilmente acopladas por fuerzas de van der Waals, por lo que es fácilmente exfoliable. Desde el punto de vista teórico parecía razonable simplificar el modelo, despreciar el débil acoplamiento entre capas, y estudiar una única capa de grafito. Así lo hizo Wallace en 1947

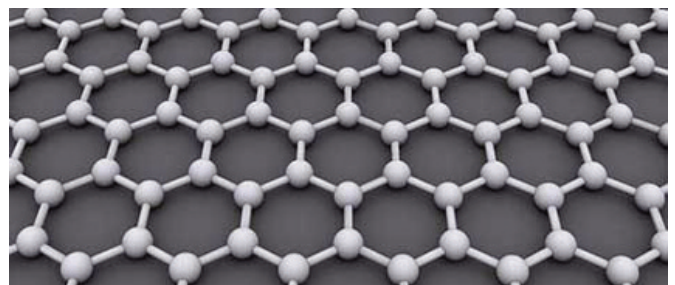


Figura 1. Representación artística del grafeno.

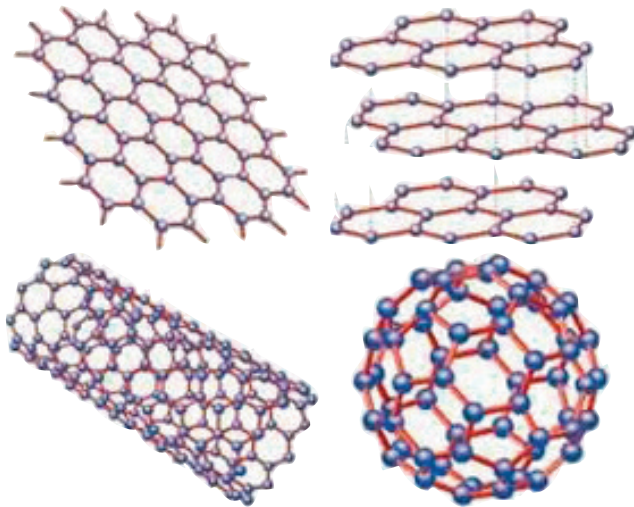


Figura 2. Diferentes estructuras de grafeno.

[4], aunque se creía que una capa atómica aislada no sería estable.

En 2004, en la Universidad de Manchester, Novoselov, Geim y su equipo demostraron que se podía aislar una capa atómica de grafito y que además era estable en condiciones ambiente. Depositaron las muestras en un sustrato de óxido de silicio y consiguieron caracterizar sus propiedades. Consiguieron aislar capas atómicas exfoliando la superficie de muestras de grafito con cinta adhesiva, “Scotch tape”, como cuenta Novoselov en la autobiografía que se puede consultar en la Ref. [1]. Tanto el método de obtención, como los resultados de las medidas están descritos en el artículo “*Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films*” publicado en *Science* en octubre de 2004 [5]. Este artículo que, según contó Andre Geim en la conferencia de la ceremonia de entrega del Premio Nobel [1], fue rechazado dos veces por la revista *Nature*, marca el principio de una nueva clase de materiales bidimensionales y de un campo de gran actividad en la Física de la Materia Condensada.

Los dos galardonados nacieron en Rusia en familias de alto nivel intelectual, A. Geim en Sochi, en 1958, y K. Novoselov en Nizhni Tahin, en 1974. En la actualidad son profesores del Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad de Manchester (Inglaterra). Ambos estudiaron en el Instituto de Física

y Tecnología de Moscú, considerado como la mejor universidad rusa para estudiar Física. Como cuenta en su autobiografía, A. Geim, salió de Rusia en 1990 y ha trabajado en diferentes universidades europeas. En Nijmegen, Holanda, trabajó de 1994 a 2000 y obtuvo la nacionalidad holandesa. K. Novoselov, visitó Nijmegen en 1999; fue allí donde empezó a trabajar bajo la dirección de A. Geim en su tesis doctoral. En 2001, Geim consiguió una plaza en Manchester y con él fue Novoselov, que no había terminado aún su tesis.

La obtención del Premio Nobel no parece haber influido en la actividad profesional de estos dos físicos que siguen investigando las propiedades del grafeno, de la monocapa y de bicapas y tricapas que son muy importantes para la fabricación de dispositivos.

Los interesados en ampliar su conocimiento del grafeno pueden encontrar una muy buena explicación de las propiedades básicas en la página de la Fundación Nobel [1], donde se pueden consultar también las autobiografías y las conferencias que impartieron los galardonados. Las propiedades electrónicas están muy bien descritas en un artículo de revisión [6] publicado en 2009.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/
- [2] H.W. Kroto, J.R. Heath, S.C. O'Brien, R.F. Curl, and R.E. Smalley, *Nature*, **318**, 162 (1985).
- [3] S. Iijima and T. Ichihashi, *Nature*, **363**, 603 (1993).
- [4] P.R. Wallace, *Physical Review*, **71**, 476 (1947).
- [5] K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, D. Zhang, S.V. Dubonos, I.V. Grigorieva, and A.A. Firsov, *Science*, **306**, 666 (2004).
- [6] A.H. Castro Neto, F. Guinea, N.M.R. Peres, K.S. Novoselov, and A. Geim, *Reviews of Modern Physics*, **81**, 109 (2009).

Pilar López Sancho
Profesora de Investigación
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid-CSIC