

- Tautomerism, Crystallography and the problem of Desmotropy*. J. Chem. Soc. Chem. Commun. **1994**, 1143-1145.
- [3] Concepción López, Rosa M. Claramunt, Antonio L. Llamas-Saiz, Concepción Foces-Foces, José Elguero, Isabel Sobrados, Francisco Aguilar-Parrilla y Hans-Heinrich Limbach. *X-Ray Diffraction and Solid State NMR Studies of 1,8-bis(dimethylamino)naphthalene and its Complexes with picric and hexafluorophosphoric acids*. New J. Chem. **1996**, 20, 523-536.
- [4] Rosa María Claramunt, Concepción López, Susanne Lott, M. Dolores Santa María, Ibon Alkorta y José Elguero. *Solid State NMR Study of the Tautomerism of Acetylacetone included in a host matrix*. Helv. Chim. Acta **2005**, 88, 1931-1942.
- [5] Eric B. Brouwer, Robin Challoner y Robin K. Harris. *Carbon-13 and Fluorine-19 NMR Spectroscopy of the Supramolecular Solid p-tert-Butylcalix[4]aren••-trifluorotoluene*. Solid State Nucl. Magn. Reson. **2000**, 18, 37-52.
- [6] V. Lemaître, M. E. Smith y A. Watts. *A Review of Oxygen-17 Solid-State NMR of Organic Material-Towards Biological Applications*. Solid State Nucl. Magn. Reson. **2004**, 26, 215-235.
- [7] Gang Wu y Shuan Dong. *Two-Dimensional <sup>17</sup>O Multiple Quantum Magic-Angle Spinning NMR of Organic Solids*. J. Am. Chem. Soc. **2001**, 123, 9119-9125.
- [8] Jorge Cervantes, Guillermo Mendoza-Díaz, Dolores E. Alvarez-Gasca y Antonio Martínez-Richa. *Application of <sup>29</sup>Si and <sup>27</sup>Al magic angle spinning nuclear magnetic resonance to studies of the building materials of historical monuments*. Solid State Nucl. Magn. Reson. **1999**, 13, 263-269.
- [9] Ann E. McDermott. *Structural and Dynamic Studies of Proteins by solid-state NMR Spectroscopy: rapid movement forward*. Curr. Opin. Struct. Biol. **2004**, 14, 554-561.
- [10] Marek J. Potrzebowski, Elzbieta Tadeusiak, Konrad Misiura, Włodzimierz Ciesielski, Grzegorz Bujacz y Piotr Tekely. *A New Method for Distinguishing between Enantiomers and Racemates and Assignment of Enantiomeric Purity by Means of Solid-state NMR. Examples from Oxazaphosphorinanes*. Chem. Eur. J. **2002**, 8, 5007-5011.
- [11] Patrick A. Tishmack, David E. Bugay y Stephen R. Byrn. *Solid State Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy-Pharmaceutical Applications*. J. Pharm. Sci. **2003**, 92, 577-610.

Concepción López García  
y M.<sup>a</sup> Dolores Santa María Gutiérrez  
Dpto. de Química Orgánica  
y Bio-Orgánica

## NOVEDADES CIENTÍFICAS

### Novedades científicas en Física en el año 2004

#### ASTROFÍSICA Y COSMOLOGÍA

- La idea de que la expansión del espacio-tiempo a partir del *Big Bang* no es decelerada, sino que va ganando velocidad, ha recibido un nuevo apoyo experimental gracias a las observaciones de supernovas hechas por el telescopio espacial *Hubble* (HST). Evidencias previas de la expansión acelerada del Universo consistían en estudios del oscurecimiento de supernovas remotas y representaban el principal motivo de replanteamiento para algunos científicos que pensaban que la gravedad mutua entre galaxias ralentizaría o incluso invertiría la expansión cósmica. Las nuevas observaciones del HST están en línea con la hipótesis de una expansión acelera-

da que emplea el misterioso mecanismo referido comúnmente como "energía oscura". La energía oscura es una forma hipotética de energía que permea todo el espacio y que produce una presión negativa, resultando en una fuerza gravitacional repulsiva. Esto explicaría un *Universo* en expansión acelerada, así como daría cuenta de una significativa fracción de su masa. Dos posibles formas de la energía oscura son la *constante cosmológica* y la *quintaesencia*, la primera estática y la segunda dinámica. Para distinguir entre ambas se necesitan mediciones muy precisas de cómo varía la velocidad de expansión con el tiempo. La energía del Universo estaría repartida en forma de materia oscura y materia luminosa, un 29%, y un 71% como energía oscura.

- Nuestro Universo tiene una escala topológica de al menos 24 Gigaparsecs (unos 78.000 millones de años-luz) de acuerdo con un análisis de los datos recogidos por la sonda *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP). Debido a efectos del espacio-tiempo que recuerdan a los observados en una "sala de espejos", el Universo podría ser finito en tamaño pero provocarnos la sensación ilusoria de que es infinito. Por ejemplo, el Cosmos podría estar "embaldosado" con alguna forma que se repite y alrededor de la cual los rayos de luz podrían envolverse entre ellos mismos de forma continua (algo así como en un videojuego en el que algo podría desaparecer del lado izquierdo de la pantalla y reaparecer sobre el lado derecho). En un nuevo estudio, los investigadores buscaron indicios de esta luz "envolvente" en forma de pa-

res de círculos, en direcciones opuestas del cielo, que exhiban patrones similares en la temperatura de radiación cósmica de fondo. Si el universo fuera finito y realmente más pequeño que la distancia a la “superficie del último scattering” (el lugar en el espacio profundo donde se originaron las microondas cósmicas y que constituye el límite del “universo visible”), entonces deberían apreciarse múltiples imágenes en la radiación de fondo. Sin embargo, tales correspondencias no aparecieron en el análisis y la justificación de los investigadores les llevó a establecer una nueva cota inferior a la escala topológica del Universo, 24 mil millones de parsecs, un factor de 10 más grande que los límites anteriores de observación.

- Un nuevo estudio encuentra galaxias grandes y maduras formadas muy tempranamente. Uno esperaría que un censo de las galaxias más lejanas que se formaron en los comienzos del Universo mostraría numerosas galaxias azules, pequeñas, calientes y jóvenes, quizás rompiéndose o uniéndose con sus vecinas. Sin embargo, nuevas observaciones hechas por el telescopio de 8 metros del Observatorio Gemini en Hawái que explora el llamado *Redshift Desert* (*Gemini Deep Deep Survey-GDDS*), una región del espacio con una historia cósmica de aproximadamente 3-6 mil millones de años desde el *Big Bang*, muestran que en un punto con una edad de 4 mil millones de años ya habían galaxias masivas elípticas, grandes y rojizas, de hasta 3 mil millones de años de vida, lo que deja muy poco tiempo para el ensamblaje de algo tan grande como una galaxia elíptica. Además, estas galaxias poseían una reserva abundante de átomos muy pesados, los cuales son obtenidos sólo después de repetidos ciclos de nacimiento de una estrella y supernova. En términos demográficos, la pregunta que plantean estas observaciones a los teóricos es: ¿cómo es

posible que hubiera tantos jubilosos tan pronto?

### FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

- Primera evidencia de superfluidez en un gas de Fermi compuesto de átomos fermiónicos. En Abril, investigadores de la Universidad de Duke observaron que un gas ultrarfrío de átomos de litio-6 actuaba como una gran “gelatina” vibrante y encontraron evidencias de que su gas era un superfluido, una “gelatina perfecta” que vibraba durante un largo tiempo después de ser agitada (ver figura). Según los investigadores, el mecanismo de interacción entre los átomos de litio-6 del gas se encuentra en un régimen de transición o cruce, de forma que las parejas de átomos no son ni moléculas (en cuyo caso constituirían un condensado molecular de Bose Einstein) ni formaban los débilmente ligados Pares de Cooper encontrados en los superconductores convencionales. En el caso de fuerte interacción entre



Fotos de la nube vibrante de átomos de litio-6 ultrarfrío.

los átomos, la frecuencia observada de vibración de la nube fue de 2837 Hz, muy cercana a la predicción teórica de 2830 Hz para un gas de Fermi hidrodinámico. Al disminuir la temperatura del gas, las vibraciones duraban más tiempo, al revés de lo que ocurre en un gas hidrodinámico en el que una menor temperatura produce un debilitamiento más rápido de las oscilaciones. Estos experimentos constituyen la primera evidencia de lo que podría ser un comportamiento de superfluidez basado en pares de átomos fermiónicos en un gas.

- Supersólido, cristal cuántico, condensado de Bose-Einstein en sólido. Todas estas expresiones se pueden aplicar a una extraña sustancia observada en un experimento en el cual un sólido parecía comportarse como un superfluido. En Enero de 2004 se presentaron los resultados de un experimento en el cual, a temperaturas muy bajas, un sólido (el helio-4 solidificado) pasó a través de otro sólido (un material vítreo poroso llamado Vycor) sin ningún tipo de fricción. Los autores invocaron la teoría cuántica para explicar qué podría estar pasando en la muestra. El movimiento del supersólido está facilitado por el hecho de que a temperaturas muy bajas los átomos en un sólido todavía poseen una cierta cantidad mínima de movimiento, permitida por el principio de incertidumbre de la cuántica. Para átomos ligeros como el helio, este “punto cero de energía” es aún más grande, y en el poroso Vycor, hay muchos huecos dentro de los cuales los átomos de helio pueden ir y venir “por cortesía” de las fluctuaciones cuánticas. La forma cuántica de mirar el cristal de átomos de He-4 es decir que estos están gobernados por una única función de onda, de la misma forma como los átomos de vapor enfriados en forma de condensado de Bose-Einstein (BEC) participan en un único estado cuántico. Posteriormente, en Septiembre, los mismos

investigadores, Chan y Kim, modificaron su aproximación para demostrar de un nuevo modo el comportamiento de superfluido de un sólido. Esta vez, el helio solidificado no era “acomodado” en ninguna matriz de cristal. Los átomos de He eran depositados en un canal abierto con forma anular en una cámara simple que podía girar libremente. Después, el He era enfriado y sometido a alta presión, causando la solidificación. Se puede decir que el helio en este punto es sólido y no líquido debido a las propiedades de la oscilación característica. Aún a más baja temperatura, 230 mK, las propiedades de giro cambian otra vez, sugiriendo que una parte del sólido (aproximadamente el 1,5 % de la muestra) se ha metamorfoseado en un estado de la materia, todavía sólido, que fluye con libertad, o dicho de otro modo, un “supersólido” libre de fricción.

- Nuevo estado de la materia a medio camino entre el BEC y el BCS. Investigadores en Colorado han descubierto una nueva forma de materia atómica, un condensado fermiónico diferente a todo lo visto anteriormente. Cuando se emparejan fermiones estos pueden convertirse en bosones y de este modo, en forma de parejas, constituir un condensado cuántico. Sin embargo, hay un espectro completo de mecanismos de emparejamiento. En un extremo encontramos el caso en el que los átomos se emparejan fuertemente, después de lo cual pueden (como moléculas) colapsar a un condensado de Bose-Einstein (BEC). Al otro lado del espectro, los átomos pueden aparearse débilmente y combinarse en un estado no ligado pero correlacionado (BCS), análogo a los pares de electrones de Cooper que constituyen la esencia de las corrientes cuánticas en superconductores o los pares de átomos de helio-3 que constituyen un superfluido. Numerosos laboratorios han estudiado las condensaciones que se forman de moléculas fuertemente

ligadas. El pasado año, investigadores del NIST y la Universidad de Colorado investigaron el camino entre estas dos alternativas de apareamiento, BEC y BCS. El tipo de apareamiento puede ser ajustado muy sutilmente cambiando la fuerza de un campo magnético externo. Los investigadores del NIST enfriaron átomos de potasio-40 a temperaturas de microkelvin y se situaron en la región de cruce: no se encuentran en el régimen BEC porque el campo magnético aplicado no permitiría el tipo de emparejamiento necesario para un condensado BEC, ni tampoco en el régimen BCS porque la fuerza de la interacción entre átomos es demasiado fuerte para el emparejamiento débil de Cooper. Según los investigadores, esta nueva forma condensada de la materia atómica no debería ser tratada simplemente como una parada entre las dos alternativas de apareamiento, la fuerte del BEC y la débil del BCS, sino como un estado propio único.

## FÍSICA CUÁNTICA

- El *enredo* cuántico de cinco fotones ha sido logrado por físicos de la Universidad de Ciencia y Tecnología de China. El enredo es, quizás, el aspecto más extraño del comportamiento cuántico. Varias partículas están cuánticamente enredadas cuando participan en un sólo estado cuántico que puede estar en varios estados únicos al mismo tiempo. Además, las propiedades mensurables de las partículas, como el *spin*, estarán correlacionadas incluso si las partículas están muy alejadas unas de otras y estas propiedades son medidas separadamente. El mayor grado de enredo cuántico completo conseguido hasta la fecha en experimentos implicaba cuatro partículas (cuatro iones mantenidos en una trampa). Los investigadores chinos enredaron dos pares de fotones y luego los enredaron con

otro fotón sólo. El progreso de cuatro a cinco partículas cuánticamente enredadas es muy significativo ya que, aparentemente, el manejo de información cuántica (como en un ordenador cuántico) con un proceso de corrección con error incorporado requeriría la manipulación de cinco partículas enredadas dispuestas como *qubits*. Un *qubit* (de *quantum bit-bit cuántico*) es un estado cuántico en un espacio vectorial complejo bidimensional. Se trata de la unidad mínima de información cuántica. Sus dos estados básicos se llaman, convencionalmente,  $|0\rangle$  y  $|1\rangle$  (se pronuncian: *ket* cero y *ket* uno). Un estado cubital puro es una superposición cuántica de esos dos estados. Esto es significativamente distinto al estado de un *bit* clásico, que puede asumir solamente un valor 0 ó 1. Sin embargo, la diferencia más importante entre un *qubit* y un *bit* clásico no es la naturaleza continua de este estado (que se puede replicar con cualquier cantidad análoga), sino que múltiples *qubits* pueden experimentar un enredo cuántico. Esta interacción no local permite a un conjunto de *qubits* expresar superposiciones de diferentes cadenas binarias (01010 y 11111, por ejemplo) simultáneamente. En este “paralelismo cuántico” se cifra la posible potencia del cómputo cuántico ya que las computadoras u ordenadores cuánticos realizan cálculos manipulando *qubits*.

- El *enredo* entre un fotón y un átomo atrapado ha sido observado directamente por primera vez, ofreciendo un método para establecer enlaces entre memorias cuánticas sobre distancias apreciables. Hasta el momento, el enredo cuántico había sido medido directamente entre especies del mismo tipo, como fotones o átomos. Sin embargo, en experimentos recientes, investigadores de la Universidad de Michigan consiguieron el primer enredo de inter-especies atrapando un ión de cadmio con campos eléctricos y llevando su

electrón más externo a un estado excitado (de gran energía). El átomo decae inmediatamente a uno de los dos estados fundamentales de baja energía emitiendo un fotón, cuya polarización está correlacionada con el estado fundamental final del átomo. Sin embargo, esta técnica de enredo cuántico entre distintas especies tiene defectos (los investigadores no pueden crear de forma activa un estado enredado sino que deben esperar que ocurra detectando el fotón, por lo que el enredo es destruido inmediatamente y la eficacia no es alta. Sin embargo, si dos átomos atrapados y localizados remotamente decaen simultáneamente de la misma manera, como se relata en este experimento, y los dos fotones emitidos son detectados conjuntamente, entonces los dos átomos quedan enredados cuánticamente y disponibles para su empleo en computación cuántica de larga distancia y en comunicación cuántica.

- La presencia del *spin* en un único electrón ha sido detectada mediante un microscopio de fuerza de resonancia magnética (MRFM), un instrumento que une dos tecnologías extremadamente sensibles: la imagen por resonancia magnética (MRI) y la microscopía de fuerza atómica (AFM). El *spin* es una propiedad de las partículas fundamentales cuya interpretación física es una medida del momento angular intrínseco de dichas partículas. Es un fenómeno exclusivamente cuántico sin analogía en la mecánica clásica. Si bien frecuentemente se suele asociar el *spin* al concepto de rotación de un objeto extenso, esta idea no es nada correcta. Una partícula con *spin* sufrirá interacciones con otros objetos magnéticos; clásicamente hablando, una partícula con *spin* se comportará como un diminuto imán de barra. Por primera vez, en Julio del 2004, un MRFM reunió la sensibilidad suficiente para detectar el *spin* de un sólo electrón entre una muestra

donde la mayor parte de los electrones en los átomos están emparejados (y dispuestos de esta forma, no magnéticos). La precisión del sistema y las condiciones frías (1.6 K) permitieron localizar electrones solitarios en una muestra de dióxido de silicio. La resolución espacial asociada fue de 25 nm. En términos de agudeza de imagen, el nuevo dispositivo de IBM es aproximadamente 40 veces mejor que el mejor MRI convencional disponible. MRFM puede desempeñar también un papel muy importante en futuros dispositivos cuánticos de información debido a su capacidad de manipular y leer el estado cuántico de espines individuales.

## FÍSICA DE PARTÍCULAS Y NUCLEAR

- *Color Glass Condensate* (CGC) es el nombre de una forma extrema de materia nuclear que puede haber sido creada en experimentos recientes en el *Brookhaven's Relativistic Heavy Ion Collider* (RHIC). Mientras los físicos nucleares discuten sobre la evidencia de este nuevo estado de la materia, el concepto de CGC en sí mismo es una idea teórica aceptada, aunque no totalmente definida, que puede describir una forma universal de la materia en altas energías. Según la teoría especial de la relatividad de Einstein, cuando un núcleo viaja a una velocidad cercana a la luz, éste se aplana como una "tortita" en la dirección de su movimiento. La alta energía de un núcleo acelerado también puede hacer que produzca un número grande de gluones, las partículas que mantienen unidos sus quarks. Estos factores —efectos relativistas y la proliferación de gluones— pueden transformar un núcleo en forma de esfera en "una pared" aplanada hecha mayoritariamente de gluones. Esta pared, 50-1000 veces más densa que los núcleos ordinarios, es el CGC. Los investiga-

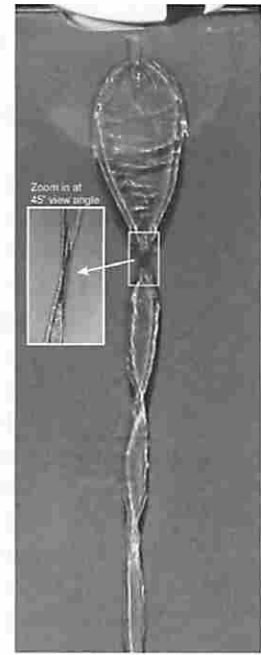
dores del RHIC estudiaron la colisión de iones de oro con deuterones, núcleos consistentes en un protón y un neutrón, para de esta forma evitar hacer el codiciado plasma quark-gluon (QGP), la hipotética sopa de quarks y gluones que los investigadores del RHIC esperan recrear en sus futuros experimentos. Así podrían observar mejor el estado CGC, que muchos creen sería un precursor para QGP. Los investigadores observaron que el número de partículas con altos momentos, emitidas en la dirección transversal a la colisión, era menor de lo habitual, lo que proporcionaba evidencias de que el núcleo deuterón formó un CGC.

- Descubierto el elemento 115 en el *Joint Institute for Nuclear Research* (JINR) en Dubna, Rusia. Los investigadores produjeron 4 átomos del nuevo elemento superpesado haciendo colisionar un haz de iones calcio-48 con átomos de americio-243. La energía del haz, 248 MeV, fue la precisa para conseguir formar el núcleo sin que se rompiera de forma inmediata. Aparentemente vivió 90 milisegundos hasta que decayó mediante la emisión de partículas alpha. La larga vida observada para este elemento sugiere que los físicos pueden estar acercándose a "la isla de estabilidad", una supuesta región en el mapa de los posibles isótopos nucleares en la que ciertas combinaciones de protones y neutrones son mucho más estables que otros núcleos pesados hechos artificialmente en aceleradores.
- Vista por primera vez la violación de la *paridad* en el *scattering* electrón-electrón, lo que contribuye al entendimiento de la fuerza débil. El principio de paridad establece que si contemplamos una interacción entre partículas en un espejo especial que refleja en las tres dimensiones, entonces la física es la misma en el mundo ordinario y en el mundo del espejo. Tres de las cuatro fuerzas físicas conocidas, gravedad, electromagnética y fuerte, respetan la paridad

dad. La cuarta fuerza, la débil, no conserva la paridad, un hecho establecido en los años 50 al observar los decaimientos de núcleos de cobalto. Desde entonces, la violación de la paridad también ha sido observada en otras reacciones, como transiciones entre niveles de energía dentro de átomos y aniquilaciones electrón-positrón, pero nunca antes en el *scattering* electrón-electrón a relativamente bajas energías. Los electrones participan no sólo en las interacciones electromagnéticas, sino también en las interacciones nucleares débiles a través de la emisión beta. La asimetría observada en los experimentos realizados por investigadores del SLAC no sólo demostró que la fuerza que viola la paridad estuvo presente (de acuerdo con las ideas teóricas sobre la fuerza débil), sino que además proporcionó la primera medida directa de la “carga débil” de los electrones, análoga a la carga eléctrica, e indicativa de la fuerza de la interacción débil entre dos electrones. Este valor concordaba exitosamente con las predicciones del modelo *standard* de la física de partículas.

## VARIOS

- **Óptica.** Físicos en Japón han mostrado teóricamente que existe un equivalente óptico del *efecto Hall* y que esta hipótesis podría ser confirmada en experimentos con luz polarizada. En el *efecto Hall* clásico, las cargas que se desplazan a lo largo de un conductor por la acción de un campo eléctrico, son impulsadas hacia un lado del alambre si aplicamos un campo magnético perpendicular al campo eléctrico, produciendo una separación de carga en el conductor. Los investigadores aseguran que un efecto similar debería observarse cuando un rayo de luz polarizada se mueve de un medio hacia otro. Los ángulos de los rayos reflejados y refractados con respecto al incidente sí que obedecerán la ley de Snell pero no estarán exactamente en el mismo plano. La importancia de la desviación lateral dependerá del cambio del índice de refracción entre los dos medios. Los autores de la investigación creen que estos aspectos topológicos de la refracción de la luz en materiales pueden ser explorados en próximos experimentos utilizando cristales fotónicos.
- **Física de Fluidos.** Los patrones con forma de trenza o cadena observados en el flujo de líquidos han sido explicados por investigadores de la Universidad de Nuevo México. Generalmente, una corriente de agua serpentea cuando fluye por un plano inclinado que está parcialmente mojado o que no es un perfecto repelente del agua. Algunos investigadores consideraron que tal serpenteo era inevitable, incluso en el caso de un plano perfectamente liso. Pero el equipo de Nuevo México ha descubierto que el serpenteo puede ser eliminado si el agua fluye plano abajo con una tasa constante, circunstancia algo rara pero posible. Además, las corrientes que no serpentean exhiben a menudo “trenzas” visualmente asombrosas, un patrón fijo de regiones alternantes de agua, anchas y estrechas, a lo largo de todo el plano (como una cadena de flujo compuesta de eslabones del fluido). Mediante un montaje de laboratorio muy simple, los investigadores descubrieron un modo fácil de reproducir este patrón de trenzas (ver figura). Mediante un inyector cilíndrico estrecho dejaron caer un fluido (una mezcla de agua, glicerol y un colorante alimenticio) sobre un plano acrílico inclinado, donde se formó el patrón de trenza. Al describir el comportamiento del fluido con ecuaciones, los investigadores encontraron que el patrón de trenza es el resultado de la competencia entre la inercia del fluido y la tensión superficial. El golpeo del



fluido con el plano acrílico tiende a hacerlo extenderse, sin embargo, la tensión superficial limita esta extensión y rápidamente logra volver a reunir al fluido en un cuello estrecho. En el proceso de formación de este cuello, los bordes externos (que llevan la mayor parte del fluido) “rebotan” en el impacto y empujan el fluido hacia afuera. Este proceso se repite para crear varias trenzas. Los investigadores encontraron como modificar las propiedades de la trenza; por ejemplo, se puede disminuir la longitud de las trenzas con un plano menos inclinado e incluso eliminarlas aumentando la viscosidad del fluido. Es posible que estas observaciones tengan implicaciones geofísicas.

- **Física del Medio Ambiente.** Las costas son clásicos ejemplos naturales de *fractales* estadísticos, objetos auto-similares en los que la estructura es estadísticamente invariante bajo cambios de escala. Científicos franceses han investigado los procesos físicos que realmente podrían dar lugar a una costa fractal. En sus simulaciones, las olas erosionan principalmente los puntos débiles de un litoral suave, haciendo más irregular y largo el perfil de la orilla. Esta erosión expone nuevos puntos débiles, pero al mismo tiempo mitiga la fuerza del mar debilitando

las olas. La costa resultante es fractal, con una dimensión efectiva de  $4/3$ .

- **Magnetismo.** Un experimento en la Universidad de Maryland relata la primera observación experimental de una inestabilidad magneto-rotacional (esencialmente se trata de la creación de un campo magnético inducido en medio de la turbulencia de un fluido eléctricamente conductor que rota dentro de un campo magnético). En el experimento de Maryland, una bola de cobre es hecha girar dentro de un recipiente que contiene sodio líquido. De esta forma, los investigadores tratan de simular los ingredientes que comparten en común sistemas como el núcleo de la Tierra, la envoltura externa de las estrellas y el disco de acreción que rodea a los agujeros negros. Básicamente, estos ingredientes son: un fluido conductor, rotación diferencial (las partes interiores del fluido giran más rápidamente que las externas) y un potente magnetismo. Hasta ahora sólo habían sido desarrolladas teorías y simulaciones de este "medio ambiente" físico. Ahora, el experimento de Maryland demuestra que un campo magnético organizado puede surgir incluso de un fluido turbulento hidrodinámico.

Pedro Córdoba Torres

Dpto. de Física Matemática y Fluidos

## Novedades científicas en Química en el año 2004

### PRODUCCIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO CON UNA CAPA MEDIANTE LA ADICIÓN DE AGUA

Un grupo de investigadores japoneses ha conseguido la síntesis eficaz y ordenada de nanotubos de carbono de una capa (SWNTs) mediante la utilización de vapor de agua en la mezcla reactiva. El des-

cubrimiento podría favorecer el desarrollo de un método relativamente económico para la síntesis de este tipo de nanotubos, que podrían ser usados sin una previa purificación de los mismos.

La vapodeposición química del carbono es el método más empleado para la llevar a cabo la síntesis de los SWNTs, pero este proceso suele ir acompañado por la formación de cantidades significativas de impurezas de estructuras de carbono amorfo, que cubren la superficie del catalizador, ralentizando y parando la síntesis de los nanotubos. Kenji Hata, Don N. Futaba y col. del *Research Center for Advanced Carbon Materials in Tsukuba*, en Japón, han sido capaces de resolver este problema mediante la adición controlada de vapor de agua en el medio de reacción [*Science*, **306**, 1362 (2004)]. Ellos especulan que, en combinación con las partículas de metal del catalizador, el agua oxida los fragmentos de carbono amorfo que se puedan formar durante el proceso.

Mediante la utilización de este proceso de crecimiento *water-assisted*, los investigadores han conseguido crear "bosques" de SWNTs verticalmente alineados que rápidamente alcanzan alturas del orden de milímetros. En un experimento el grupo ha llegado a obtener en 10 min, SWNTs con tallos de 2,5 mm cubriendo una superficie de silicón de 49 mm<sup>2</sup>.

El proceso se puede llevar a cabo con una gran variedad de catalizadores comúnmente utilizados para la producción de SWNTs. Asimismo, se puede regenerar fácilmente el sustrato catalítico simplemente raspando los nanotubos con una hoja de afeitar.

Además, el grupo de Tsukuba ha conseguido hacer crecer estructuras de SWNTs dándoles la forma deseada mediante catalizadores modificados con patrones litográficos. De esta forma, en función de la forma del catalizador se hicieron crecer estructuras de nanotubos con forma de pilares cilíndricos o con formas similares a delgadas láminas de papel.

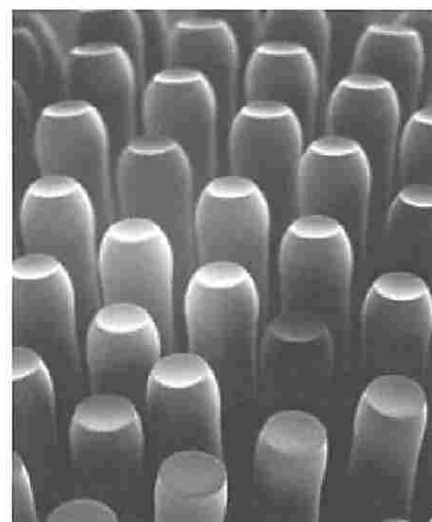


Figura 1. Nanobosques de carbono formados a partir de patrones litográficos de islas de catalizador.

### NANOTUBOS DE CARBONO LLENOS DE AGUA

Un equipo de investigadores del *Argonne National Laboratory* (Tucson, Arizona, EEUU) dirigido por Alexander I. Kolesnikov ha descubierto la forma sorprendente que tienen las moléculas de agua de confinarse en el interior de los nanotubos de carbón [*Physical Review Letters*, 2004]. La complejidad de la estructura encontrada ha sorprendido a los investigadores, que la han descubierto mediante la exposición de nanotubos de monocapa (SWNTs), con los extremos abiertos y del orden de 14 Å de diámetro, a vapor de agua y posterior enfriamiento a bajas temperaturas. De esta forma se indujo la formación espontánea de una cadena de moléculas de agua en el interior de una vaina cilíndrica, también

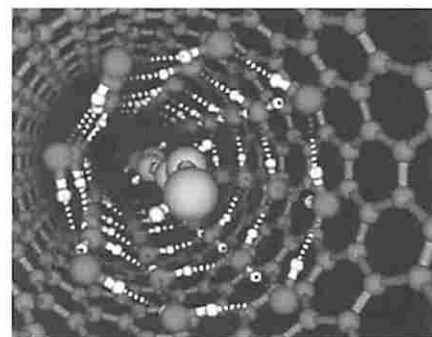


Figura 2. Cadenas de agua confinadas en una estructura cilíndrica, también de agua, dentro del nanotubo de carbono.