

## NOVEDADES CIENTÍFICAS

En esta sección vamos a incluir las novedades científicas que hayan tenido lugar en el año en curso, así como algunas notas necrológicas de aquellos científicos cuya obra sea de interés general. En esta primera edición de la Revista hemos contado con la pluma del Prof. J. Javier García Sanz. Esperamos que para los próximos números otros profesores se animen a colaborar.

### ASTROFÍSICA Y COSMOLOGÍA

A finales de diciembre de 1995, la nave Galileo llegó a las proximidades de Júpiter y lanzó una sonda que recogió valiosa información antes de ser destruida por las enormes presiones de la atmósfera joviana. Por desgracia, la gran antena de la nave nunca llegó a desplegarse por completo, y la transmisión de los datos tuvo que hacerse con una antena auxiliar a decenas de bits por segundo. (Quienes utilicen una red informática saben bien lo que esto supone.) Lo más llamativo de la información obtenida es la notable ausencia de nubes de amoníaco y agua, en contra de lo esperado.

En junio y septiembre de 1996 la nave Galileo visitó el satélite joviano Ganímedes; a partir de la información enviada se ha podido estudiar la distribución de densidad así como las características de su campo magnético propio, que también obligan a revisar los modelos existentes acerca de su formación.

En el programa de la nave Galileo figura también la exploración de los satélites Ío, Europa y Calixto.

Continúa la búsqueda de la masa perdida en el Universo. La materia visible del Universo constituye apenas un 5% de la materia que sería necesaria para hacer un universo cerrado. El universo no tiene por qué ser necesariamente cerrado pero, en cualquier caso, las medidas de las velocidades de rotación de las



Fotografía del cometa Hale-Bopp, realizada el 19 de marzo de 1997.

galaxias permiten asegurar que hay mucha más materia invisible que visible, aunque no se sabe en qué forma. Una parte podría estar constituida por la denominada *materia oscura caliente* (materia no bariónica, procedente del Big Bang, que se mueve a velocidades próximas a la de la luz); los mejores candidatos serían los neutrinos, si se confirma que éstos tienen masa, tal como apuntan algunos experimentos recientes.

No obstante, esta materia oscura caliente debe llenar más bien el espacio intergaláctico. Dentro de las propias galaxias, la materia invisible parece ser fundamentalmente materia bariónica en forma de objetos compactos. Precisamente este año, las medidas de la abundancia de  $D_2$  primordial han elevado la cantidad estimada de materia bariónica. Una pequeña parte de esta materia podría estar en forma de planetas. En 1996 se han descubierto nuevos planetas en estrellas situadas a distancias de aproximadamente 35 años-luz. Pero la mayor parte podría estar en forma de MACHOs (Massive Astronomical Compact Halo Objects). Estos objetos invisibles pueden detectarse por su efecto de lente gravitacional cuando cru-

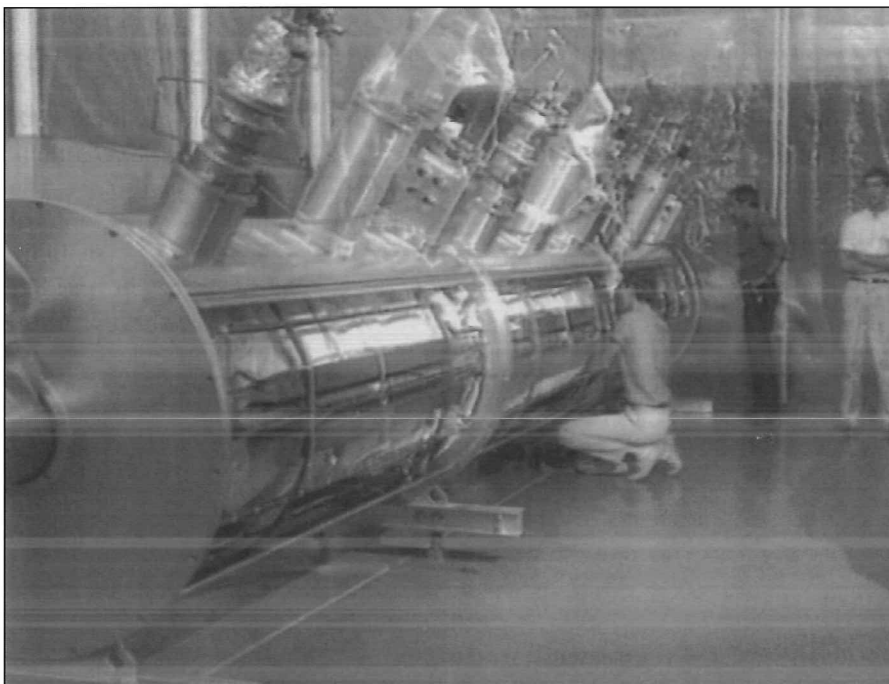
zan la línea de visión de ciertas estrellas visibles. De este modo se han detectado varios candidatos con masas comprendidas entre 0,1 y 1 masas solares, probablemente enanas blancas.

### FÍSICA DE MATERIALES

Por primera vez se ha propuesto un modelo plausible para explicar la dilatación anómala del agua. Como es sabido, la densidad del agua es máxima a una temperatura de 4 °C; a temperaturas menores la densidad disminuye. De acuerdo con el modelo propuesto, la razón estaría en la colocación de los segundos vecinos moleculares.

Asimismo se han previsto dos nuevas formas de hielo que se formarían a temperatura ambiente a presiones de 300-400 GPa.

Finalmente, investigadores de la Universidad de Oregon y del Brookhaven National Laboratory han producido un material compuesto a base de zirconio y wolframio con un coeficiente de dilatación negativo en las tres dimensiones en todo el rango de temperaturas comprendido entre 0,3 K y 1050 K, siendo ésta última su temperatura de fusión.



*Acelerador de partículas en el CERN (Ginebra).*

Por primera vez, se ha medido la resistencia eléctrica de un átomo individual. Normalmente, en los materiales sólidos la resistividad eléctrica está determinada por la disposición de los átomos en una red cristalina. Esto da lugar a que aparezcan bandas de energía. Los electrones con energías más altas no están especialmente localizados y son libres de moverse por la red, aunque sometidos a los efectos de difracción.

Esto ya no es válido evidentemente para sistemas de unos pocos átomos. La teoría para estos sistemas muestra que la resistividad debe estar cuantizada en múltiplos de  $h/2e^2$ , que es aproximadamente 12,9 k $\Omega$ . Colocando un átomo de Xe en una punta de un microscopio de efecto túnel que se desliza sobre una superficie de Ni, se ha podido medir que la resistencia de dicho átomo es del orden de 100 k $\Omega$ .

En experimentos de producción de ondas de choque en hidrógeno se ha detectado la formación de hidrógeno metálico con una alta conductividad. La existencia de este hidrógeno metálico a altas presiones permitiría explicar, por ejemplo, los fuertes campos magnéticos de algunos planetas.

Tras los fullerenos, el descubrimiento de los nanotubos de carbono

en 1992 abrió un nuevo campo en la física de materiales. Durante 1996 se han podido medir propiedades mecánicas y eléctricas de nanotubos individuales que permiten augurar un gran futuro para sus aplicaciones prácticas.

### FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS

En el Acelerador de Iones Pesados de Darmstadt se ha producido el elemento artificial número 112. Para ello se hicieron colisionar iones  $^{70}\text{Zn}$  y  $^{208}\text{Pb}$  a alta energía para producir un núcleo  $^{277}112$ . En el mismo laboratorio se habían producido con anterioridad los elementos con número atómico comprendido entre 107 y 111. La producción de estos elementos pesados ha permitido confirmar ciertos modelos nucleares que predecían una gran estabilidad para núcleos en la región cercana a los 108 protones y 162 neutrones. Algunos de estos nuevos elementos han sido bautizados oficialmente en la última reunión de la IUPAC (International Union for Pure and Applied Chemistry), cerrando así las fuertes polémicas que, acerca de este tema, habían enfrentado a grupos experimentales norteamericanos, rusos y alemanes.

El LEP del CERN en Ginebra ha alcanzado ya el umbral de energía necesario para generar dos bosones mediadores W. Esto abre nuevas perspectivas para el estudio de las interacciones electrodébiles.

### FÍSICA ATÓMICA Y MOLECULAR

Se han producido átomos de antihidrógeno con una vida media de 37 nanosegundos. Para ello se hace pasar un antiprotón cerca del campo coulombiano de un núcleo pesado. El antiprotón crea un par electrón-positrón y éste último puede unirse al antiprotón original. El próximo paso en esta línea de investigación consistirá en atrapar los átomos de antihidrógeno en una trampa magnética o mediante láser y mantenerlos durante un tiempo suficientemente largo antes de que se aniquilen con la materia ordinaria. Con ello podría hacerse un test definitivo del principio de equivalencia y del teorema CPT.

Mediante una trampa magneto-óptica se ha conseguido atrapar por primera vez átomos de francio, el elemento natural menos abundante. Puesto que el francio es también el elemento alcalino más pesado, su estudio es importante para poner de manifiesto la violación de la paridad en las interacciones electrodébiles.

En 1995 se encontró por primera vez un sistema real, constituido por un gas de átomos de Rb, que mostraba una condensación de Bose-Einstein. La investigación ha continuado en 1996 y se han encontrado varios nuevos ejemplos de condensados de Bose-Einstein de un tamaño mucho mayor. El próximo paso consiste en estudiar las oscilaciones colectivas en dichos estados condensados.

### FÍSICA CUÁNTICA

Científicos de Boulder han creado un átomo de berilio en una superposición de estados. Hasta hace pocos años, sólo podían observarse experimentalmente los átomos en sus estados estacionarios, para los

que las densidades electrónicas no varían con el tiempo. En 1995 se construyeron estados atómicos con dos paquetes de onda electrónicas que evolucionaban en el curso del tiempo y podían interferir entre sí. Ahora se ha obtenido un estado que es superposición de dos estados estacionarios, algo similar a la superposición del gato muerto y el gato vivo de Schrödinger. Lo más sorprendente de esta superposición, sin embargo, es que los máximos de las funciones de onda de los estados estacionarios intervinientes están separados por una distancia mayor que el tamaño normal del propio átomo. Experimentos de este tipo permitirían investigar si el paso del comportamiento cuántico al comportamiento clásico viene determinado por la distancia física entre los diversos componentes de un sistema.

Durante el año 1996 se han dado nuevos pasos hacia un hipotético computador cuántico. La teoría de la computación cuántica adquirió un renovado interés cuando Peter Shor descubrió en 1994 que un algoritmo para la factorización de números primos que era de tiempo no polinómico (es decir, que el tiempo de ejecución aumenta de forma exponencial con la longitud de los datos de entrada) podría transformarse en un algoritmo de tiempo polinómico si se ejecutaba en un hipotético computador que se aprovechara del comportamiento cuántico de sus componentes.

Este comportamiento cuántico podría utilizarse, en primer lugar, para almacenar y transmitir información de forma más compacta. En un computador clásico un sistema de dos estados puede almacenar un bit de información. Sin embargo, aprovechando el comportamiento cuántico, un sistema de dos estados podría almacenar lo que ahora se denomina un "trit" de información (que equivale a 1,58 bits). Por ejemplo, la información puede codificarse alterando la polarización de uno de los fotones de un par producido en un estado "enmarañado" (entangled); para recuperar la información basta con hacer interferir este fotón

(alterado) con su pareja original (que no ha sido alterado). Esto es lo que ha llevado a cabo un grupo de Innsbruck.

Asimismo se han diseñado dispositivos que podrían actuar como puertas lógicas cuánticas. Tales dispositivos constituirían el hardware de un computador que podría ejecutar algoritmos basados en lógicas no booleanas.

En cualquier caso, la idea del computador cuántico está todavía más cerca de la ciencia-ficción que de la realidad. Todavía hay serias dudas de que sea posible mantener la coherencia cuántica en las escalas de espacio y tiempo necesarias.

### NOTAS NECROLÓGICAS

— El 8 de agosto de 1996 murió **sir Neville Francis Mott**, uno de los patriarcas de la física británica. Mott había nacido en Liverpool el 30 de septiembre de 1905, de modo



Neville Francis Mott.

que era uno de los pocos testigos directos de la edad dorada que vio el nacimiento de la Mecánica Cuántica. De hecho, uno de sus primeros trabajos consistió en explicar cómo son compatibles las ondas de probabilidad de las partículas con las trazas precisas que dejan en una cámara de niebla. Asimismo, explicó cómo la indistinguibilidad de las partículas afecta a las amplitudes de dispersión, lo

que hoy se denomina scattering de Mott. Muchas de sus contribuciones a la física atómica están recogidas en un libro hoy clásico, *The Theory of Atomic Collisions* (1933), escrito en colaboración con Harrie Massey.

En 1933 fue nombrado profesor en la Universidad de Bristol donde permanecería más de veinte años. Allí inició sus estudios sobre conductividad en sólidos metálicos. Fruto de éstos es otro libro clásico, *Theory of properties of metals and alloys* (1936), en colaboración con H. Jones.

En 1954 sucedió a Lawrence W. Bragg como Cavendish Professor en la Universidad de Cambridge, una de las cátedras más reconocidas de la física británica.

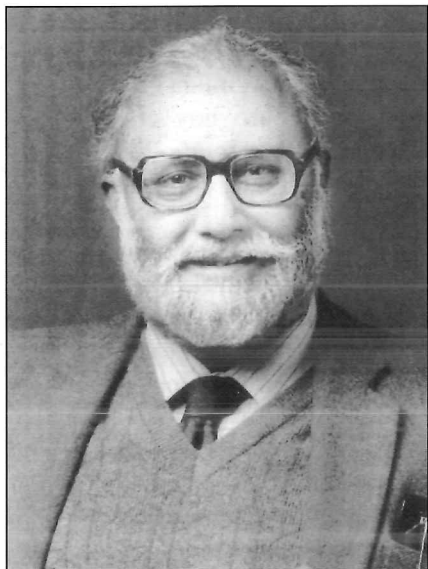
Allí comenzó a investigar cómo se produce el paso de aislante a conductor en una misma sustancia (transición de Mott). Más adelante, Mott abriría el campo del estudio de las propiedades eléctricas y magnéticas de los sólidos no cristalinos, lo que le valdría el Premio Nobel de Física en 1977, compartido con Philip W. Anderson y J. H. van Vleck. Sin estos trabajos difícilmente podríamos hoy ver cintas de vídeo o utilizar ordenadores personales.

A pesar de su avanzada edad, Mott seguía trabajando activamente. Uno de sus últimos retos era la superconductividad a alta temperatura. Además era miembro de la British Association of Atomic Physicists en apoyo de la no proliferación nuclear. También dedicaba grandes esfuerzos a la educación. Con este espíritu escribió su breve texto de *Mecánica Cuántica Elemental* y editó las *Sources for physics teaching*.

— El 21 de noviembre de 1996 murió en Oxford **Abdus Salam**, uno de los creadores de la teoría electro-débil que abrió el camino a la unificación de las interacciones fundamentales de la Naturaleza.

Salam nació, en 1926, en Jhang, una pequeña ciudad del Punjab en el actual Pakistan. Estudió en Lahore y en la Universidad del Punjab antes de ir a la Universidad de Cambrid-





Abdus Salam.

ge, donde se graduó en física y en matemáticas. En 1951 regresó a Pakistán con intención de formar un grupo de investigación en la Universidad del Punjab. No obstante, debido a las dificultades encontradas en Pakistán, volvió de nuevo a Cambridge. En 1957, fue nombrado profesor del Imperial College de Londres, donde, junto con Paul Mathews, su antiguo director de tesis, formó un importante grupo de investigación en física teórica. Allí desarrolló, en colaboración con John Ward, su teoría gauge de las interacciones débiles, que predecía la existencia de los bosones W y Z y de las corrientes neutras. Esto le valió el Premio Nobel de Física en 1979, compartido con Steven Weinberg y Sheldon Glashow.

Pese a vivir en Inglaterra, Salam estuvo en permanente contacto con su país. Desde 1958 fue consejero científico del presidente pakistani Ayub Khan y representó a Pakistán en diversos organismos internacionales. Las relaciones se rompieron en 1974 cuando el presidente Ali Bhutto excluyó de la religión mahometana a la secta Ahmadiyya, a la que pertenecía Salam.

Salam desarrolló también una importante actividad como gestor y miembro de organismos e instituciones científicas. Fue secretario de las Conferencias de Ginebra sobre los Usos Pacíficos de la Energía Atómica, miembro del Comité Ase-

sor de Ciencia y Tecnología de la ONU y Vicepresidente de la IUPAP (International Union for Pure and Applied Physics). Uno de sus empeños principales fue la ayuda al desarrollo de la ciencia en los países del Tercer Mundo. Gracias al apoyo de la UNESCO y del gobierno italiano, Salam pudo fundar, en 1964, el Centro Internacional de Física Teórica en Trieste, que dirigió hasta su muerte.

— Durante 1996 desaparecieron dos figuras fundamentales en el campo de la Historia de la Ciencia. El 17 de junio murió Thomas S. Kuhn, cuya obra clásica, *La estructura de las revolucio-*

*nes científicas* inició un cambio profundo en la filosofía de la ciencia y, en especial, en la visión del desarrollo científico hasta entonces dominada por las ideas de Karl Popper. Pocas semanas más tarde, el 21 de agosto, murió **Richard Westfall**, autor de numerosos trabajos sobre la ciencia de los siglos XVII y XVIII y, sobre todo, autor de la monumental biografía de Newton *Never at rest*, la obra de referencia para todo aquel que quiera acercarse a la figura del mayor científico de la Historia.

J. Javier García Sanz  
Depto. de Física Fundamental

## SEMBLANZAS DE LOS PREMIOS NOBEL Y DE LAS MEDALLAS FIELDS

### Premio Nobel de Física de 1996

El Premio Nobel de Física 1996 fue concedido a David Lee, Douglas Osheroff y Robert Richardson por sus trabajos en física de bajas temperaturas que llevaron al descubrimiento de la fase superfluida del He<sup>3</sup> en 1972. Dichos trabajos se desarrollaron en la Universidad de Cornell, Ithaca (Nueva York).

La superfluidez es la ausencia de viscosidad en los fluidos, lo que se traduce, entre otras cosas, en que el superfluido puede circular por capilares estrechos sin ninguna dificultad. Este fenómeno fue descubierto en 1938 en el He<sup>4</sup> por el físico ruso Piotr Kapitza, que recibió el Premio Nobel en 1978. La explicación teórica del fenómeno fue dada por Lev D. Landau (y también por Laszlo Tisza, y posteriormente completada por Richard Feynmann y otros). Landau había sido encarcelado en 1938 bajo la falsa acusación de espiar para Alemania, y Kapitza escribió a Stalin pidiendo su libertad con el argumento de que, en su opinión, era el único físico ruso

capaz de explicar el fenómeno, lo que redundaría en beneficio de la física soviética. Landau recibió a su vez el Premio Nobel en 1962.

La teoría que explica la superfluidez del He<sup>4</sup> se basaba en el hecho de que sus núcleos tienen 4 nucleones de espín 1/2 por lo que su espín total es entero: son bosones. Los bosones obedecen a una estadística especial que favorece que tiendan a agruparse en el mismo estado cuántico. Es decir, tienden a moverse a la misma velocidad y ello hace desaparecer el rozamiento interno en el líquido. El problema, ahora, es que una explicación similar es imposible para el He<sup>3</sup>. Los núcleos de He<sup>3</sup> sólo tienen 3 nucleones y, en conjunto, tienen espín semientero: son fermiones. En contraposición a los bosones, los fermiones obedecen a un principio de exclusión que prohíbe que existan dos o más fermiones en el mismo estado cuántico. En definitiva, los núcleos de He<sup>3</sup> no pueden moverse a la vez y la superfluidez parece imposible.

No obstante, hay una escapatoria. Para explicarla podemos hacer un paralelismo con el fenómeno de la superconductividad, la ausencia de resistividad eléctrica en un metal.