

La corriente eléctrica se debe al movimiento de los electrones que también son fermiones. Sin embargo, en determinadas circunstancias, y siempre a temperaturas muy bajas, puede aparecer un mecanismo de interacción que hace que los electrones se emparejen formando los llamados pares de Cooper. Estos pares de Cooper son bosones, y ello favorece su movimiento ordenado. De la misma forma, pueden sugerirse mecanismos de interacción entre núcleos de  $\text{He}^3$  que llevan también a la formación de algo análogo a los pares de Cooper electrónicos. De hecho, en los años 60 se sugirieron varios de estos mecanismos pero nunca pudo observarse el fenómeno.

Curiosamente, no era la superfluidez lo que estaban buscando Lee y sus colegas. Lo que ellos buscaban era una fase sólida antiferromagnética que también era predicha a muy bajas temperaturas por los estudios teóricos. Para conseguir estas bajas temperaturas utilizaron un proceso sugerido por el físico ruso Isaak Pomeranchuk. Éste se basa en que, a diferencia de las sustancias ordinarias, el  $\text{He}^3$  tiene un calor latente de fusión negativo. La existencia de un calor latente refleja el hecho de que las fases sólida y líquida de una sustancia a la misma temperatura tienen diferente entropía. Normalmente es la fase líquida la que tiene mayor entropía (está más desordenada) y ello se traduce en que la sustancia absorbe calor cuando se funde; o, recíprocamente, cede calor cuando se congela. Lo mismo sucede normalmente en el paso de líquido a gas. En esto se basa, por ejemplo, el funcionamiento de los refrigeradores ordinarios: al vaporizarse, un líquido absorbe calor y este calor se toma del medio ambiente que se pretende enfriar.

Para una presión dada, las fases sólida y líquida de una sustancia simple sólo pueden coexistir a una temperatura determinada. Si ahora se aumenta la presión, la fase más densa (generalmente la sólida) crecerá a expensas de la menos densa. Como la fase sólida es, en general, la más ordenada, en el proceso se



Premios Nobel de Física de 1996.

desprende calor y la temperatura del sistema aumenta.

El  $\text{He}^3$  presenta una excepción. Por debajo de 0,3 K la fase sólida del  $\text{He}^3$  está más desordenada que la fase líquida, debido precisamente al desorden de sus espines nucleares. Por ello, al aumentar la presión en una mezcla de las fases sólida y líquida, la fase sólida y más densa aumenta, pero esta vez se absorbe calor en el proceso. Este calor se toma de la energía interna del propio  $\text{He}$  y su temperatura desciende.

Lee y sus colegas emperaron con  $\text{He}^3$  líquido a 5 mK y fueron aumentando la presión de forma constante. La temperatura descendía efectivamente y al llegar a cerca de los 2,6 mK observaron sucesivamente los cambios bruscos de pendiente, típicos de una transición de fase de segundo y de primer orden, respectivamente. No obstante, estos cambios eran incompatibles con la fase antiferromagnética que andaban buscando, de modo que pensaron que habían encontrado una nueva fase sólida con una estructura cristalográfica diferente. De hecho, el artículo en que describieron su experimento (publicado en *Physical Review Letters*, **28**, 885 (1972)) llevaba por título "Evidencia de una nueva fase sólida en el  $\text{He}^3$ ", y no se mencionaba para nada la superfluidez. Posteriormente, estudios más detallados pusieron de manifiesto de forma inequívoca que la transición

observada era en realidad una transición a la superfluidez en la fase líquida.

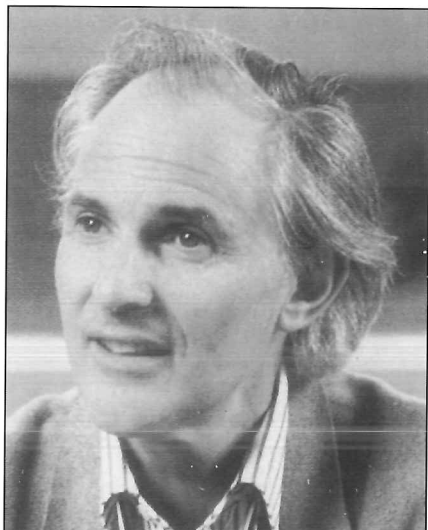
Estos trabajos han abierto nuevas líneas de investigación. En el campo de las aplicaciones prácticas, se han construido refrigeradores nucleares basados en el  $\text{He}^3$  que pueden alcanzar temperaturas de 100  $\mu\text{K}$ . En el campo teórico, los mecanismos de ruptura de simetría asociados a estas transiciones de fase podrían aplicarse a fenómenos muy diferentes, incluyendo algunos aspectos de la evolución del universo primitivo.

J. Javier García Sanz  
Depto. de Física Fundamental

## Premio Nobel de Química de 1996

El Premio Nobel de Química del año 1996 fue concedido al científico británico Harold Kroto y a los científicos norteamericanos Robert Curl y Richard Smalley por el hallazgo de una nueva familia de moléculas de carbono, de aspecto parecido a un balón de fútbol, y a las que se llamó fullerenos.

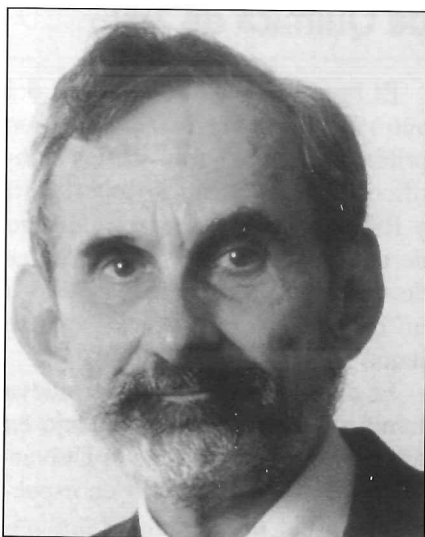
El descubrimiento de esta nueva familia de moléculas se produjo en 1985. El Dr. H. Kroto de la Universidad de Sussex, experto en espectroscopía de microondas, estudiando las estrellas gigantes ricas en



Harold W. Kroto.

carbono, se puso en contacto con el Dr. R. Smalley de la Universidad de Rice en Houston, el cual había desarrollado el instrumental científico capaz de vaporizar cualquier material.

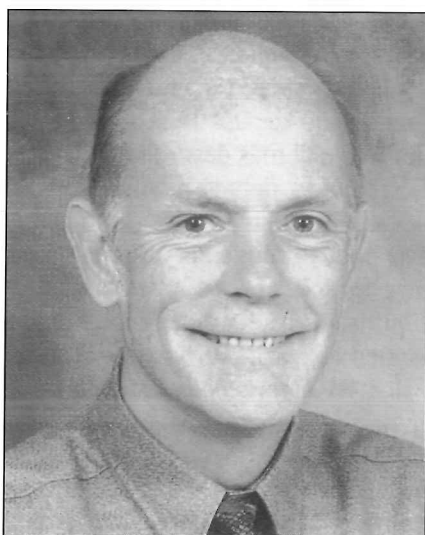
El Dr. R. Smalley colaboraba con el Dr. R. Curl, de la misma Universidad americana, y los tres científicos iniciaron experimentos con el objetivo común de vaporizar carbono en gases inertes y estudiar sus moléculas. Llegaron a producir moléculas con 60 ( $C_{60}$ ) o más átomos de carbono, pero observaron que las moléculas  $C_{60}$  eran las más abundantes y dada su estabilidad, sugería una estructura molecular de gran simetría, proponiendo una forma de icosaedro truncado, una estructura con 20 superficies hexagonales y 12 pentagonales. Los



Richard E. Smalley.

científicos dieron a esta forma el nombre de fullereno, en honor al arquitecto norteamericano R. Buckminster Fuller, famoso por sus cúpulas geodésicas, y sus primeros trabajos fueron publicados en la revista *Nature*.

El descubrimiento de los fullerenos supuso la aparición de una nueva forma alotrópica del carbono, distinta del grafito y del diamante. La molécula de fullereno fue aislada por primera vez en el año 1990 en cantidades macroscópicas por investigadores del Instituto Max Plank de Heidelberg (Alemania) y la Universidad de Tucson (EEUU),



Robert F. Curl.

interesados en reproducir los procesos de síntesis en el espacio exterior. De estas moléculas se produjeron nuevos compuestos con propiedades desconocidas y se abrió un gran campo en la Química, con influencia en áreas tan diversas como la astroquímica o la superconductividad. Algunos investigadores creen que, en el futuro, los fullerenos serán muy útiles en medicina, lubricantes de alta temperatura, ferromagnéticos orgánicos, dispositivos ópticos y en el desarrollo de nuevos materiales. Sin embargo, la propiedad de los fullerenos que ha despertado mayor interés hasta la fecha es la conductividad eléctrica de ciertos fullerenos dopados.

Jesús Senén Durand Alegría  
Depto. de Ciencias Analíticas

## Congresos Internacionales de Matemáticas y Medallas Fields

En 1895 se celebró en Chicago la Exposición Mundial, conmemorándose el 400 aniversario del descubrimiento de América. Con tal motivo se desarrollaron una serie de Congresos Científicos y Filosóficos, entre ellos uno mundial de Matemáticas y Astronomía. Felix Klein (de Göttingen) abrió el Congreso con una breve disertación sobre *The Present State of Mathematics* (el estado presente de las matemáticas). Su presencia en el Congreso tuvo una importancia decisiva puesto que era portador de diferentes trabajos de diversos matemáticos europeos.

Las sesiones posteriores al discurso inicial de Klein se realizaron de forma separada —astrónomos por una parte, matemáticos por otra—; en total 45 ponentes en la sección de matemáticas, de los que tres no eran americanos. Sin embargo, la presencia europea fue mucho mayor de los que estos números parecen indicar, ya que entre las ponencias fueron presentadas los desarrollos alcanzados en las diferentes ramas de las matemáticas y, entre ellos, había contribuciones de Ch. Hermite (París), D. Hilbert (Königsberg), F. Klein (Göttingen),



Felix Klein.