

## CIEN AÑOS DE SUPERCONDUCTIVIDAD

**Maria Teresa Martín Sánchez ([mtmartin@ono.com](mailto:mtmartin@ono.com)) y Manuela Martín Sánchez ([mmartins@edu.ucm.es](mailto:mmartins@edu.ucm.es))**

Entre 1900 y 1905 [Heike Kamerling Onnes](#) (1853-1926) diseñó aparatos que le permitieran obtener helio líquido y utilizar baños de helio líquido para poder medir la resistencia de distintos metales mediante un [puente de Wheatstone](#). En septiembre de 1907 después de que él y sus colaboradores habían medido la resistencia del platino, en hidrógeno líquido, y comprobado como variaba de 0 °C a -191 °C dice que “abandona su idea de 1904 en la que creía que la resistencia de los metales iba disminuyendo hasta un valor mínimo pero que a la temperatura  $T = 0$  K se hacía infinita porque los electrones no se podían desplazar, se quedaban congelados” y relaciona la resistencia con la vibración de los electrones.

El 10 de Julio de 1908 Kamerling Onnes consiguió por primera vez licuar el helio que a la presión atmosférica hervía a  $-269$  °C. Una vez que consiguieron producir helio líquido y medir con precisión temperaturas de ese orden comenzaron a estudiar las propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas de los materiales a temperaturas que solo se podían alcanzar utilizando helio líquido como refrigerante.

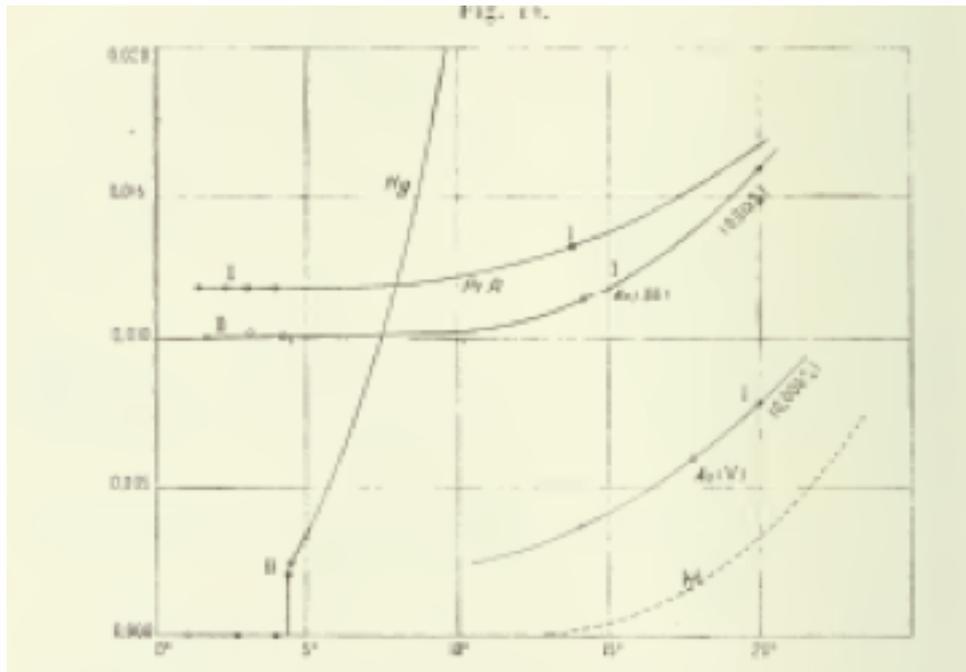
Uno de los temas de investigación fue la resistividad de metales ultrapuros y **el 8 de abril de 1911**, mientras estudiaban la resistividad de una muestra de mercurio ultrapuro, cuando la temperatura bajó alrededor de  $-269$ °C, Onnes y sus colaboradores observaron que la resistividad bajaba prácticamente a cero, había disminuido en seis ordenes de magnitud. En una comunicación de **abril de 1911** indica que el experimento con mercurio puro ha demostrado sus predicciones, la resistencia del mercurio puro es mucho mas baja a la temperatura del punto de ebullición del helio que a la temperatura del hidrógeno. Experimentalmente han comprobado que a 13.9 K es aún 0.034 veces la resistencia del mercurio sólido a 0°C y mientras que a 4,3 K es solo 0,0013 y a 3 K es menos de 0,0001.

Sigue diciendo que queda comprobado experimentalmente que un metal muy puro se puede llevar a condiciones en que su resistencia sea cero. La confirmación de esa predicción le lleva a opinar que la resistencia de los metales muy puros es función de los “vibradores de Planck“, a los que se refiere en su teoría de la radiación. Añade que

esta teoría de los vibradores la han aplicado también Einstein al calor específico de los sólidos y Nernst al de los gases.

En relación con este tema, aparecen varias comunicaciones de Kamerling Onne, pero todas ellas las expone de forma resumida en la [primera conferencia Solvay](#) que se celebró en el Hotel Metrópol de Bruselas **del 29 de octubre al 4 de noviembre de 1911**. Kamerling Onnes inicia su intervención titulada “**Sobre las resistencias eléctricas**” diciendo “*me creo en el deber de atribuir a las impurezas el valor límite de la resistencia encontrado por Nernst para el aluminio. Yo he comprobado esto en el oro y el platino a la temperatura del helio líquido. En mis investigaciones con la ayuda de Clay he comprobado que la resistencia limite a la temperatura del hidrógeno líquido es mucho menor si los metales son más puros*”. A continuación explica que trabaja con mercurio porque es el metal que ha conseguido de mayor pureza y que su resistencia, cuando es extremadamente puro, es prácticamente nula y no duda que lo mismo sucederá con el resto de los metales.

Atribuye este tipo de comportamiento, a la temperatura del hidrógeno sólido, a un tipo de congelación de los electrones de los átomos. Incluso indica esta parada de los electrones se debe como a una congelación de las oscilaciones de las que habla Planck. Y no duda de que los obstáculos del movimiento de los electrones se deben a estas oscilaciones Indica que este comportamiento cerca del cero absoluto es similar a lo que sugieren Einstein y Nernst sobre los calores específicos e ilustra sus hallazgos con las curvas obtenidas por Clay en los trabajos experimentales y que se indican en la siguiente gráfica; dónde se comprueba como al bajar la temperatura a 4 K la resistencia en el mercurio cae hasta cero.



**LANGEVIN, P.; DE BROGLIE, M. (eds.) (1912): La théorie du rayonnement et les quanta (Rapports et discussions de la reunion tenue à Bruxelles, du 30 octobre au 3 novembre 1911). Paris, Gauthier-Villars.**

Es curioso que en la reunión Solvay además de Heike Kamerlingh Onnes estaban ocho científicos que ya habían conseguido el Premio Nobel o lo iban a conseguir: [Hendrik Antoon Lorentz](#) (1853-1928), [Wilhelm Wien](#) (1864- 1928), [Marie Curie](#) (1867-1934), [Ernest Rutherford](#) (1871-1937), [Kamerling Onnes](#) (1853- 1926), [Max Planck](#) (1858-1947), [Walter Nernst](#) (1864-1941), [Jean Perrin](#) (1870 -1942) y [Albert Einstein](#) (1879-1955). En la discusión posterior a la ponencia, únicamente le interpelló Langevin diciendo que si este cambio de conductividad en las proximidades del cero absoluto no se podría deber a un cambio de volumen al cambiar de estado, que al cambiar el volumen cambie también la conductividad por una alteración en el número de electrones libres y todo se debiera al aumento de este número. A esta intervención únicamente contesta el propio Kamerling Onnes diciendo que tiene la seguridad de que este fenómeno está en relación con la teoría de Planck.

A Kamerling Onnes se le otorgó el premio Nobel de Física de 1913 por estos descubrimientos.

Una idea de la importancia del tema queda clara si se hace una revisión de todos los Premios Nobel que durante estos cien años han recaído sobre descubrimientos

relacionados con este tema. Han sido galardonados con el Premio Nobel de Física de los años [1913](#) (Kamerling Onnes), [1972](#) (Bardeen, Cooper y Schrieffer, por la teoría BCS), [1973](#) (Josephson, por el efecto Josephson), [1987](#) (Müller y Bednorz, por los superconductores de altas temperaturas) y [2003](#) (Abrikósov, Ginzburg y Leggett, por la superconductividad-superfluidez-vórtices de Abrikov).

El IOP (Institute of Physics) para celebrar el centenario de la superconductividad ha decidido dejar en abierto durante todo el 2011, en su [web](#) los 25 artículos más importantes sobre este tema que han aparecido en las revistas *Superconductor Science and Technology*, *Journal of Physics*, *Condensed Matter*, *New Journal of Physics*, *EPL* and *Physica Scripta* y en la presentación de esta página Peter Hirschfeld, del *New Journal of Physics*, dice que han pasado muchos años desde que en 1961 Brian Pippard en su famosa conferencia titulada de “Cat and the Cream” que pronunció en IBM, cuatro años después de la publicación de la teoría BCS, dijera que los problemas esenciales de la Física de bajas temperaturas ya habían sido resueltos la situación actual nos indica cómo los descubrimientos siguen sobre todo en los departamentos universitarios y en los laboratorios gubernamentales aunque los laboratorios de la industria casi han desaparecido de la escena. Trabajos sobre fermiones pesados, cupratos, rutenatos fullerenos borados, boruro de magnesio, materiales derivados del hierro, compuestos orgánicos, etc. dominan las publicaciones de las tres últimas décadas y casi cada descubrimiento de una nueva clase de superconductores obliga a reexaminar los paradigmas teóricos.



**Paul Ehrenfest, Hendrik Lorentz, Niels Bohr y Heike Kamerlingh Onnes en 1919  
en el Laboratorio Criogénico de Leiden (tomada de Wikipedia)**