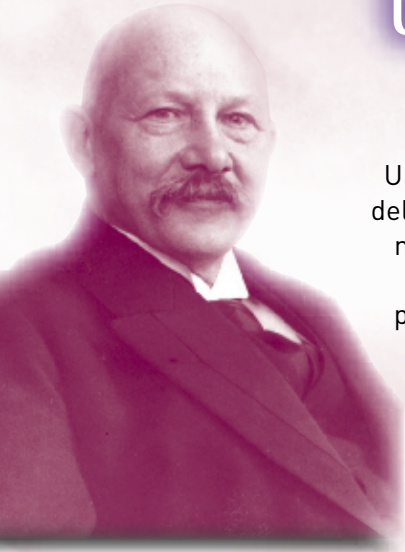


¿Se pueden transportar corrientes eléctricas sin pérdidas?

¿Sabía que los imanes que se usan en los aceleradores de partículas son los mismos que los que se utilizan en los hospitales?

¿Cómo levita un superconductor?

Un poco de Historia...



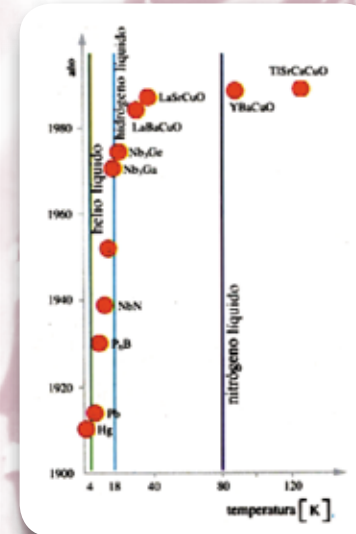
El doctor *H. Kamerlingh Onnes* (1856 - 1926), de la Universidad de Leiden en Holanda, trabajó a principios del Siglo XX en la investigación de las propiedades de la materia a bajas temperaturas. Sus esfuerzos hicieron posible la producción de helio líquido en 1908, y posteriormente le condujeron al descubrimiento de la superconductividad en el mercurio al ser enfriado a -269°C . Por estos trabajos de investigación se le concedió el Premio Nobel de Física en 1913.

Pero hasta 1957 no se pudo comprender el origen de este fenómeno. *J. Bardeen, L. Cooper y R. Schrieffer* enunciaron la teoría conocida como BCS, en la que se postulaba que en un superconductor los entes que transportaban la corriente eran parejas de electrones conocidos como pares de Cooper. También ellos fueron galardonados con el Premio Nobel en 1972.

El último gran hito de la superconductividad tuvo lugar en 1986 cuando *J. C. Bednorz y K. A. Müller*, en unos laboratorios de IBM en Suiza, descubrieron los materiales superconductores cerámicos. Estos materiales han revolucionado el mundo de la superconductividad al poder trabajar a temperaturas por encima de la de ebullición del nitrógeno líquido (-169°C), lo que permite enfriarlos con mucha facilidad y de forma barata. Estos dos científicos también recibieron el premio Nobel en 1987.

Estos materiales superconductores han logrado que aumente el interés tecnológico para desarrollar un gran número de aplicaciones. Sin olvidar la posibilidad de que en un futuro se puedan descubrir materiales superconductores a temperatura ambiente, la comunidad científica está realizando un gran esfuerzo para mejorar los sistemas de refrigeración y lograr que sea una realidad que estos materiales se integren en nuestras vidas.

Pero... ¿qué es la superconductividad?



Para entender lo que se oculta tras ese nombre debemos intentar recordar algunos conceptos básicos. Los metales son materiales que conducen bien el calor y la electricidad, y que cuando una corriente eléctrica circula por un hilo conductor, éste se calienta, como ocurre con las estufas y calentadores eléctricos. El fenómeno descrito, conocido como efecto Joule, se debe a que los metales presentan cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica por su interior, ya que cuando se mueven, chocan con los átomos del material que están vibrando.

En un material superconductor esto no ocurre, estos materiales no ofrecen ninguna resistencia al paso de la corriente eléctrica continua por debajo de una cierta temperatura.

Los electrones se agrupan en parejas interactuando con los átomos del material de manera que logran sintonizar su movimiento con el de los átomos, desplazándose sin chocar con ellos.

Esto significa que no se calientan, por lo que **no hay pérdida de energía** al transportar la corriente eléctrica debido al efecto Joule.

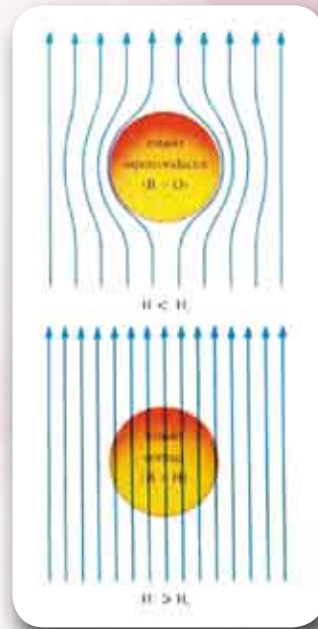
El descubrimiento de la superconductividad es uno de los más sorprendentes de la historia de la ciencia moderna.

Materiales Superconductores:

Efecto Meissner

Un material superconductor no solamente no presenta resistencia al paso de corriente, sino que también tiene otra propiedad importante que es su **capacidad para apantallar un campo magnético**.

Si enfriamos el superconductor por debajo de su temperatura crítica y lo colocamos en presencia de un campo magnético, éste crea corrientes de apantallamiento capaces de generar un campo magnético opuesto al aplicado. Esto ocurre hasta que el campo magnético alcanza un valor, llamado campo crítico, momento en el que el superconductor deja de apantallar el campo magnético y el material transita a su estado normal.



Superconductores Tipo I y Tipo II

El hecho de que el superconductor pueda apantallar totalmente el campo magnético de su interior se conoce como **superconductividad tipo I**. Lamentablemente el campo crítico de estos materiales es tan pequeño que no se pueden desarrollar aplicaciones tecnológicas con ellos.

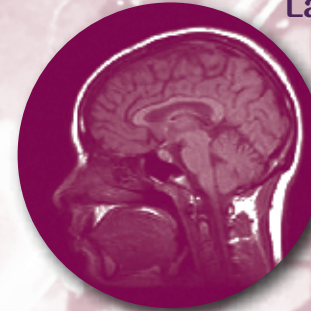
Los **superconductores tipo II** permiten que el campo magnético pueda penetrar en su interior sin dejar de ser superconductores. Este comportamiento se mantiene para campos magnéticos cuyo valor puede ser hasta varios millones de veces el campo magnético terrestre.

Los superconductores tipo I siempre intentan expulsar el campo magnético de su interior, los de tipo II se oponen a que éste cambie.

Algunas aplicaciones de los superconductores

La producción de grandes campos magnéticos:

Un ejemplo de la aplicación de estos grandes campos magnéticos son los equipos **de resonancia magnética** que se utilizan en investigación y los comúnmente utilizados en los hospitales.



Conducir corriente eléctrica sin pérdidas:

Los superconductores permiten conducir la corriente eléctrica sin pérdidas, por lo que pueden transportar densidades de corriente por encima de 2000 veces lo que transporta un cable de cobre.



High-temperature superconducting cable

Si contásemos con generadores, líneas de transmisión y transformadores basados en superconductores, obtendríamos un gran aumento de la eficiencia, con el consecuente beneficio medioambiental que supondría el ahorro de combustible, así como su idoneidad para ser utilizado junto con energías alternativas.

También podemos encontrar materiales superconductores en dispositivos electrónicos. Entre ellos destacan los llamados **SQUIDS**, con los que podemos detectar campos magnéticos inferiores a una mil millonésima parte del campo magnético terrestre. Entre otras aplicaciones, se están desarrollando con ellos estudios geológicos, o incluso encefalogramas sin necesidad de tocar la cabeza del enfermo.

SQUID fabricado con Sr_2RuO_4



Así funciona el tren de levitación...

La levitación magnética es una de las aplicaciones más conocida y fascinante de los materiales superconductores



Al colocar un material superconductor a temperatura ambiente sobre una configuración de imanes, el campo magnético penetra totalmente en el superconductor.

Después de enfriarlo con nitrógeno líquido y alcanzar la temperatura crítica, es decir, el estado superconductor, casi todo el campo magnético permanece dentro del superconductor, es decir "recuerda" el campo en el que ha sido enfriado y se opone a cualquier variación del mismo. Si en este estado tratamos de alejarlo del imán, encontraremos una fuerza atractiva entre ambos, de manera que el superconductor arrastrará al imán.

Si hemos colocado el superconductor a una cierta altura sobre el imán y lo enfriamos, éste no sólo recordará el campo, sino también la altura, en la que se mantendrá levitando mientras esté por debajo de la temperatura crítica.

Esta propiedad, la levitación, en la que se evita el rozamiento con las vías, ya se está aplicando en Japón donde han fabricado un prototipo de tren basado en levitación con superconductores y que ha podido alcanzar los 550 km/h.

La levitación magnética también podría permitir el almacenamiento de energía generada cuando la demanda fuera baja y que estaría disponible cuando se produjesen picos de demanda.

¿Qué hacemos en el ICMA?

Fabricación de superconductores para aplicaciones eléctricas



En el ICMA se está trabajando en el desarrollo de materiales superconductores para aplicaciones eléctricas y en la comprensión de sus propiedades.

Se han fabricado barras y láminas gruesas de materiales superconductores de alta temperatura con técnicas de fusión inducida con láser. Con estos materiales se están desarrollando varias aplicaciones como son las barras de alimentación o los limitadores de corriente.

También se fabrican hilos y cintas de materiales superconductores como el MgB_2 . En este caso se estudian aquellas configuraciones de cables que mejoran la estabilidad técnica de los mismos.



Y para comprender el comportamiento de estos materiales se realizan simulaciones que utilizan modelos matemáticos muy específicos, como los métodos de elementos finitos.

En el ICMA también se ha desarrollado un patrón de voltaje basado en estos materiales. Una unión débil entre dos superconductores irradiada con microondas nos proporcionan un voltaje tan preciso que su valor solo depende de constantes fundamentales: la carga del electrón y la constante de Plank. Un sistema similar a este es el actual patrón nacional de voltaje.

También se han desarrollado otros dispositivos metrológico basados en superconductores, como el comparador criogénico de corriente, capaz de detectar una diferencia entre dos corrientes inferior a una parte en 1000.0000.000.



Elaborado por:
Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA)
Consejo superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Sede Campus Plaza San Francisco

Facultad de Ciencias
Pedro Cerbuna 12
50009 Zaragoza

Sede Campus Río Ebro

Edificio Torres Quevedo
María de Luna 3
50018 Zaragoza

Teléfono 976 76 12 31

Fax: 976 76 24 53

<http://www.unizar.es/icma/>

Elaborado por:



En colaboración con:



Financiado por:

