



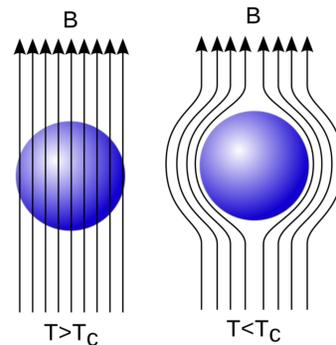
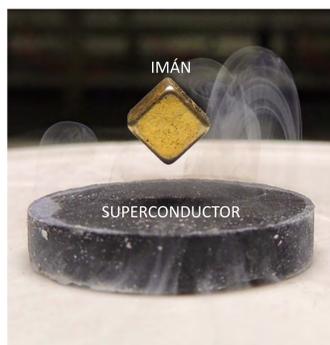
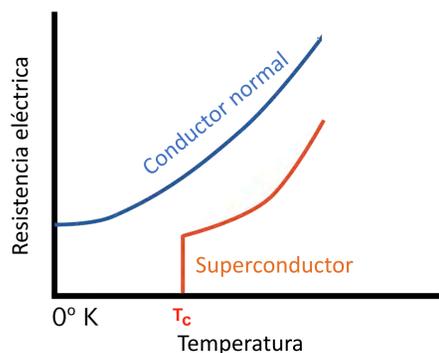
Superconductividad

Corriente sin pérdidas y levitación magnética

La resistencia eléctrica del mercurio se hace CERO a $T_c = 4.2\text{K}$.

¡Y no es el único!

Heike Kamerlingh ONNES (1911)



El superconductor expulsa el campo magnético de su interior.

Walther MEISSNER (1933) Robert OCHSENFELD (1933)

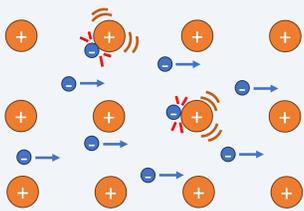
SUPERCONDUCTIVIDAD

La resistencia eléctrica en algunos materiales se hace cero si los enfiamos lo suficiente, son **superconductores**. La corriente fluye sin perder ninguna energía. La **temperatura crítica** (T_c) depende del material.

EFFECTO MEISSNER-OCHSENFELD

Un superconductor no solo es un conductor perfecto. Además, expulsa el campo magnético de su interior, por aparición de supercorrientes en su superficie. Es un **diamagnético perfecto** (efecto Meissner). Superconductor e imán se repelen → **levitación magnética**.

La corriente eléctrica es el flujo de partículas individuales: electrones. En un conductor normal, los electrones chocan con la red de iones, que absorbe energía y vibra (se calienta) → **resistencia eléctrica**.



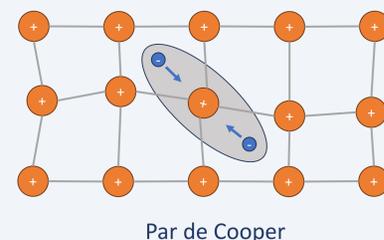
¿Cómo ocurre el flujo perfecto de electrones en el superconductor?



TEORÍA BCS

Los electrones se emparejan

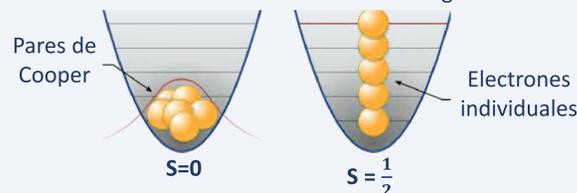
John BARDEEN Leon COOPER (1957) Robert SCHRIEFFER



Los electrones (carga negativa) atraen levemente los iones positivos, deformando la red. La red deformada atrae otro electrón con spin y momento opuestos. Esta interacción forma un **par de Cooper**, una pareja de electrones (spin $S=1/2$) con spin total $S=0$ ($= +1/2 - 1/2$), un **bosón**.

Múltiples bosones pueden ocupar el mismo estado cuántico → **condensado superconductor**. Una sola ecuación de onda describe el estado cuántico colectivo: es **coherente** a escala macroscópica.

Condensado BCS: pares de fermiones fríos ocupan el mismo estado de mínima energía



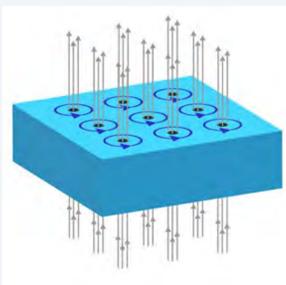
Resistencia cero: la única forma de frenar el movimiento es romper los pares de Cooper aplicando cierta energía, el **gap superconductor** (depende del material). A baja temperatura, el condensado fluye sin resistencia.

Subiendo la temperatura ($T > T_c$), la energía térmica separa los pares de Cooper.

Campo magnético elevado termina atravesando el material. Hay dos tipos de superconductores:

Tipo I: alto campo destruye inmediatamente la superconductividad.

Tipo II: supercorrientes forman canales delgados (**vórtices**) que contienen cuantos de flujo magnético. El resto de material continúa siendo superconductor.



¿Para qué usamos los superconductores?

Electroimanes intensos

Resonancia magnética (MRI)

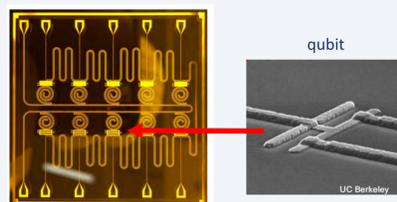


Trenes de levitación magnética

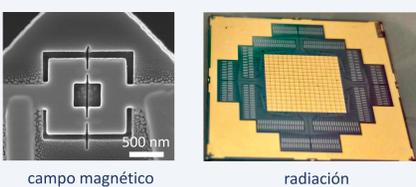


Circuitos eficientes

Computación cuántica



Sensores ultrasensibles

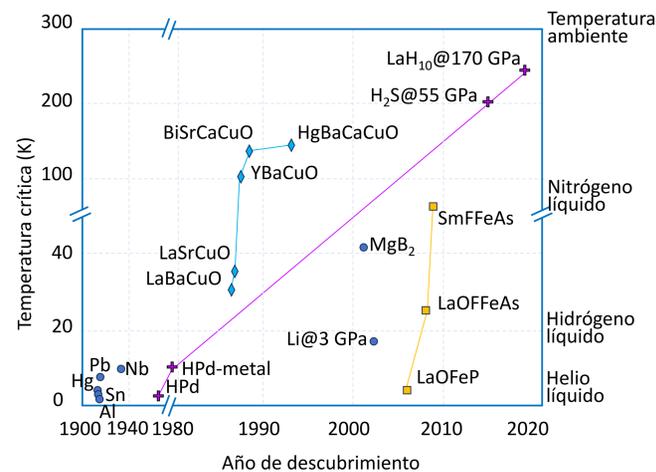


La gran limitación

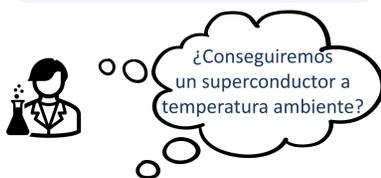
Todos los superconductores conocidos requieren bajas temperaturas.

Los cupratos, superconductores de alta temperatura crítica (YBaCuO y otros) deben enfriarse cerca del nitrógeno líquido (77 K).

- Enfriar requiere
- Tecnologías complejas
 - Líquidos criogénicos: caros, difícil acceso.



Cronología de los descubrimientos de superconductores. Círculos azules: superconductores BCS. Diamantes azules: cupratos. Cuadrados amarillos: superconductores basados hierro. Cruces rosas: hidruros.



Póster diseñado por: David García Pons



¿Todo claro?

Descarga aquí la explicación de todos los posters

