

SUPERCONDUCTIVIDAD

GUÍA 3: TERMODINÁMICA Y ESTADO INTERMEDIO

Propiedades termodinámicas

1. Demuestre que la diferencia de energía libre de Helmholtz por unidad de volumen entre las fases normal (n) y superconductor (s) es

$$f_n(T, 0) - f_s(T, 0) = \frac{\mu_0}{2} H_c^2(T).$$

2. Calcule la diferencia de entropía entre las fases normal (n) y superconductor (s), $s_n(T, 0) - s_s(T, 0)$, y demuestre que la diferencia de calor específico entre dichas fases es

$$c_n(T, 0) - c_s(T, 0) = \frac{2\mu_0 H_c^2(0)}{T_c} (t - 3t^3),$$

donde $t = T/T_c$. Asuma la relación $H_c(T) = (1 - t^2)H_c(0)$.

3. A partir de los resultados anteriores y los datos de calor específico provistos en la figura 1:

- estime el campo crítico H_c del aluminio;
- describa cómo cambian $C_n^{\text{el}}(T)$ y $C_s^{\text{el}}(T)$ en presencia de un campo $H > 0$.

4. Para una placa de espesor $2d < \lambda_L$, paralela al campo aplicado, cuyo campo crítico termodinámico *en volumen* es H_c , determine el campo H_c^* a partir del cual el sistema sale del estado Meissner.

Estado intermedio

5. Se tiene una esfera superconductor de radio $a \gg \lambda_L$ en un campo magnético uniforme de modulo H lejos de la esfera.

- Identifique el campo a partir del cual se formarán regiones normales en el interior de la esfera.
- Grafique la evolución de $m(H)$ desde $H = 0$ hasta $H = H_c$

6. Halle la corriente I_c a partir de la cual se forman regiones normales en un alambre superconductor de radio $a \gg \lambda_L$ en los siguientes casos:

- $\mathbf{H}_0 = 0$
- $\mathbf{H}_0 \neq 0$ paralelo al alambre .

7. Se tiene una placa superconductora delgada, de espesor $d \gg \lambda_L$, en presencia de un campo uniforme perpendicular. En esta geometría el flujo magnético perpendicular a la placa por unidad de área $B_0 = \mu_0 H_0$ se conserva a nivel macroscópico. Considere que la energía adicional por unidad de área en las interfaces normal-superconductor es $\gamma = \frac{1}{2} \delta \mu_0 H_c^2$, con $d > \delta \gg \lambda_L$ y haga las simplificaciones que considere necesarias.

a. Encuentre la distribución de campo magnético en el interior de la placa en función de H_0 .

b. encuentre el valor de H_0 necesario para que toda la placa pase al estado normal.

8. Se tiene un alambre superconductor de radio $a \gg \lambda_L$ por el cual circula una corriente $I > I_c$. Proponiendo el modelo de estado intermedio de la figura 2:

a. demuestre que $\mathbf{H}(r, z)$ es uniforme para $r < r_0$;

b. determine r_0 y halle $J(r)$ en las regiones normales;

c. halle la resistencia por unidad de longitud del alambre, en función de la corriente I y la resistividad de la fase normal ρ_n .

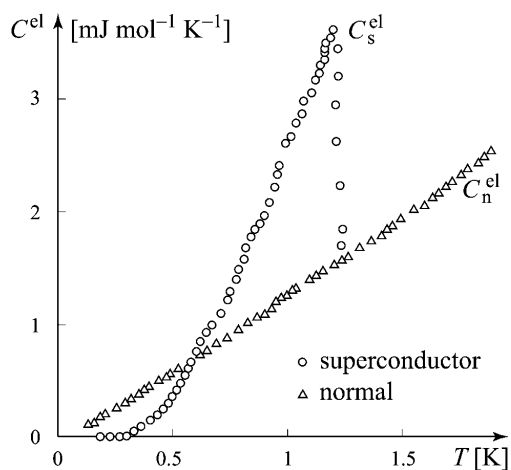


Figura 1: Calor específico electrónico de las fases superconductora (C_s^{el} , $H = 0$) y normal (C_n^{el} , $H = 30$ mT) del aluminio, en función de la temperatura. Fuente: N.E. Phillips, *Phys. Rev.* **114**, 676 (1959).

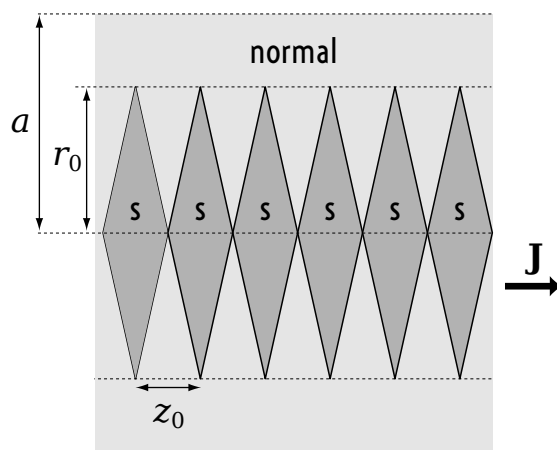


Figura 2: *Un modelo* para el estado intermedio de un alambre superconductor de radio a que transporta una corriente: la región exterior ($r > r_0$) se vuelve normal, mientras que en el interior permanecen regiones superconductoras de forma cónica, con periodo z_0 .