

# SUPERCONDUCTIVIDAD

## GUÍA 5: DINÁMICA DE VÓRTICES: PROPIEDADES MAGNÉTICAS Y DE TRANSPORTE EN SC DE TIPO II

---

1. Analice el lazo de magnetización  $M(H)$  de la figura 1 bajo el modelo de estado crítico de Bean:
  - a. Identifique el límite de irreversibilidad y grafique cualitativamente la magnetización reversible.
  - b. Exprese la densidad de corriente crítica en función el momento magnético medido y las dimensiones relevantes de la muestra.
  - c. Grafique cualitativamente la dependencia de  $J_c$  con el campo  $B$ .
  
2. Considere una placa de espesor  $2d$  y corriente crítica  $J_c$  en presencia de un campo  $\mathbf{H}(t) = \mathbf{H}_{dc} + \mathbf{H}_{ac} \cos(\omega t)$ , paralelo a la placa. Asumiendo  $H_{ac} < J_c d$ , y en el marco del modelo de estado crítico de Bean,
  - a. halle la magnetización media en función del tiempo,  $\langle \mathbf{M} \rangle(t)$ ;
  - b. analice la dependencia de las componentes  $\chi'$  y  $\chi''$  de la susceptibilidad alterna con la amplitud y la frecuencia del campo alterno;
  - c. discuta la existencia de armónicos superiores en la respuesta;
  - d. ¿cuál es el efecto de la relajación de los perfiles de estado crítico en la respuesta alterna?
  
3. Muestre que un desplazamiento medio de vórtices  $\mathbf{u}(\mathbf{r})$  genera una variación del potencial vector  $\delta \mathbf{A} = \mathbf{u} \times \mathbf{B}$ .
  
4. Despreciando el movimiento por activación térmica, escribir la ecuación de movimiento por unidad de volumen de un sistema de vórtices en presencia de una densidad de corriente  $\mathbf{J}$  en los siguientes casos:
  - a. Los vórtices se mueven a altas velocidades, de forma que predomina la fuerza viscosa.
  - b. Los vórtices se mueven a bajas velocidades, de forma que predomina la fuerza de anclaje.
  - c. Los vórtices oscilan realizando pequeños desplazamientos respecto de los centros de anclaje.

Identifique a qué régimen corresponde cada caso.

5. Utilizando los resultados de los problemas 3 y 4, exprese  $\rho(\omega)$  para los casos en los que la relación constitutiva es lineal ( $\mathbf{E} = \rho\mathbf{J}$ , donde  $\rho$  es una resistividad compleja).
6. Utilizando las expresiones para  $\rho(\omega)$  del problema anterior, halle la longitud de penetración alterna  $\lambda(\omega)$  y las componentes  $\chi'$  y  $\chi''$  de la susceptibilidad alterna, para una placa de espesor  $2d$  en presencia de un campo  $\mathbf{H}(t) = \mathbf{H}_{dc} + \mathbf{H}_{ac} \cos(\omega t)$ , paralelo a la placa. *Ayuda:* puede reciclar resultados de guías anteriores.
7. Calcular la densidad de corriente crítica de un SAT con una baja densidad de defectos puntales distribuidos al azar, en el límite de anclaje de vórtices individuales. *Ayuda:* la energía de anclaje media de un segmento de vórtice de longitud  $L$  es  $\langle \epsilon_{pin}^2 \rangle = \gamma \xi^2 L$ , donde  $\gamma$  caracteriza la intensidad del desorden.
8. Mostrar que si las barreras de potencial entre los diferentes centros de anclaje (energías de activación) son finitas para  $J \rightarrow 0$ ,  $U(J \rightarrow 0) = U_0$ , entonces hay una resistividad finita para  $T > 0$ . Hallar la expresión de  $\rho(T, J \rightarrow 0)$  en el modelo de Anderson-Kim.
9. En el caso de un vidrio de vórtices, las barreras divergen para  $J \rightarrow 0$ , con  $U(J) \simeq U_c(J_c/J)^\mu$  para  $J \ll J_c$ . Encontrar la relación constitutiva  $E(J)$  en este caso.

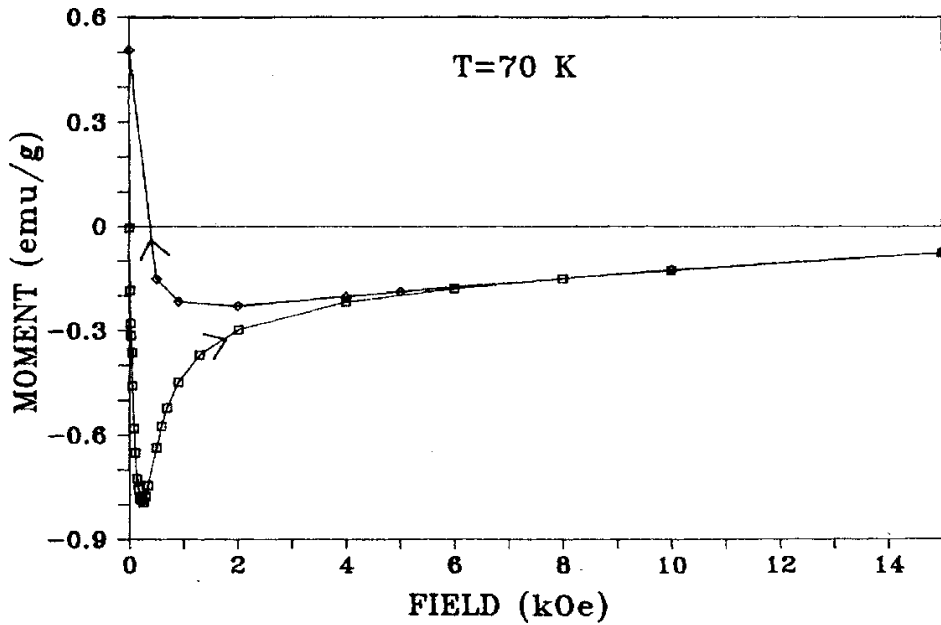


Figura 1: Lazo de magnetización para una muestra cerámica de  $\text{Tl}_2\text{Ca}_2\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ , medido a  $T = 70$  K. Fuente: Y. Wolfus, Y. Yeshurun & I. Felner, *Phys. Rev. B* **39**, 11690 (1989).