SUPERCONDUCTIVIDAD

Guía 5: dinámica de vórtices: propiedades magnéticas y de transporte en SC de tipo II

---

1. Considere una placa superconductora tipo II de espesor $2d$, inicialmente en estado Meissner. Se aplica una rampa ascendente de campo $\mathbf{H}$, paralelo a la placa hasta un campo máximo H_0 y luego se realiza un ciclo de histeresis, bajando el campo hasta $-H_0$ y volviendo a empezar el ciclo. Suponga que la densidad de corriente crítica J_c es independiente del campo, y que la rampa es suficientemente lenta como para aplicar el modelo de Bean.

a. Grafique los perfiles de campo dentro de la muestra para distintos valores de H_0 (mayores o menores que dJ_c).

b. Halle la componente de la magnetización enla dirección del campo aplicado en función de H en las distintas partes del ciclo.

c. ¿Cuál seria el efecto de la relajación de los perfiles de estado crítico en la respuesta? Explicquelo cualitativamente.

2. Considere la misma placa del problema anterior sometida a un campo $\mathbf{H}(t) = \mathbf{H}_{\rm dc} + \mathbf{H}_{\rm ac}\cos(\omega t)$, paralelo a la placa. Asumiendo $H_{\rm ac} \leq dJ_c$, y en el marco del modelo de estado crítico de Bean,

a. Halle la magnetización media en función del tiempo, $\mathbf{M}(t)$;

b. Analice la dependencia de las componentes χ' y χ'' 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 seria el efecto de la relajación de los perfiles de estado crítico en la respuesta alterna?

3. La figura 1 muestra un lazo de magnetización $M(H)$ experimental medido en un superconductor de alta temperatura critica. A esa temperatura, tanto la magnetizacion reversible como la irreversible son relevantes. En la geometria del experimento se pueden despreciar el factor demagnetizante. Considere $D = 1$ mm la magnitud relevante de la muestra.

a. Identifique el campo a partir del cual la respuesta es reversible (i.e la corriente critica es nula) dentro de la resolucion experimental.

b. Como haria a partir de estos datos para obtener la magnetizacion reversible M_r? Grafique cualitativamente $M_r(H)$. De toda la informacion que puede inferir sobre los campos criticos H_{c1} y H_{c2} a partir de esta curva.

c. Como haria para calcular la magnetizacion irreversible M_{irr} a partir de estos datos? Teniendo en cuenta eso, exprese la densidad de corriente crítica $J-c$ en función del momento magnético medido y las dimensiones relevantes de la muestra.Estime en forma aproximada la $J-c$ maxima.

d. Grafique cualitativamente la dependencia de J_c con el campo 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.

Identifique a qué régimen corresponde cada caso.

5. 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 generada por un campo alterno en los siguientes casos:

a. Los vórtices oscilan a altas velocidades, de forma que predomina la fuerza viscosa.

b. Los vórtices oscilan a bajas velocidades, de forma que predomina la fuerza de anclaje, y recorren distancias mayores que el tamaño de los centros de anclaje.

c. Los vórtices oscilan a bajas velocidadees, realizando pequeños desplazamientos respecto de los centros de anclaje.

Identifique a qué régimen corresponde cada caso.

6. Utilizando los resultados del problema anterior, y teniendo en cuenta que un desplazamiento medio de vórtices $\mathbf{u}(\mathbf{r})$ genera una variación del potencial vector $\delta\mathbf{A} = \mathbf{u} \times \mathbf{B}$, exprese $\rho(\omega)$ para los casos en los que la relación constitutiva es lineal ($\mathbf{E} = \rho\mathbf{J}$, donde ρ es una resistividad compleja).

7. Utilizando las expresiones para $\rho(\omega)$ del problema anterior, halle para una placa de espesor $2d$ en presencia de un campo $\mathbf{H}(t) = \mathbf{H}_{\rm dc} + \mathbf{H}_{\rm ac}\cos(\omega t)$, paralelo a la placa.:

a. La longitud de penetración alterna $\lambda(\omega)$

b. Las componentes χ' y χ'' de la susceptibilidad alterna para el caso ρ real.

c. Las componentes χ' y χ'' de la susceptibilidad alterna para el caso ρ imaginaria.

Ayuda: No hace falta volver a calcular las componentes de la suceptibilidad, puede reciclar resultados de guías anteriores.

8. 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 $\langle \epsilon_{\rm pin}^2 \rangle = \gamma\ \xi^2\ L$, donde γ caracteriza la intensidad del desorden.

9. Mostrar que si las barreras de potencial entre los diferentes centros de anclaje (energías de activación) son finitas para $J \to 0$, $U(J \to 0) = U_0$, entonces hay una resistividad finita a corriente nula para $T > 0$. Hallar la expresión de $\rho(T)$ para $J \to 0$.

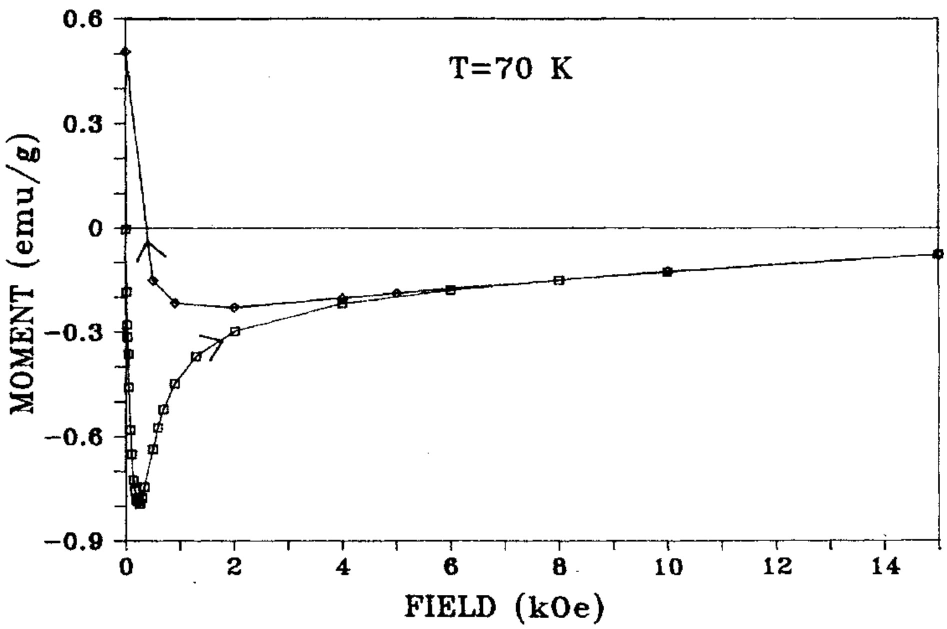

Figura 1: Lazo de magnetización para una muestra cerámica de $Tl_2Ca_2Ba_2Cu_3O_{10}$, medido a $T = 70$ K. Fuente: Y. Wolfus, Y. Yeshurun & I. Felner, *Phys. Rev. B* **39**, 11690 (1989).