

(Desarrolle sus respuestas y **cuide la presentación**. Sin calculadora.)

Relaciones útiles:

$$\vec{B} = \mu_o \vec{H} + \mu_o \vec{M}$$

$$\vec{B} = \mu \mu_o H, \quad \mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$$

$$\vec{M} = \chi_B \vec{B} / \mu_o, \quad \vec{j}_M = \vec{\nabla} \times \vec{M}, \quad \vec{K}_M = \vec{M} \times \hat{S}.$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \int \vec{j}(\vec{r}') \times \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} d^3x'$$

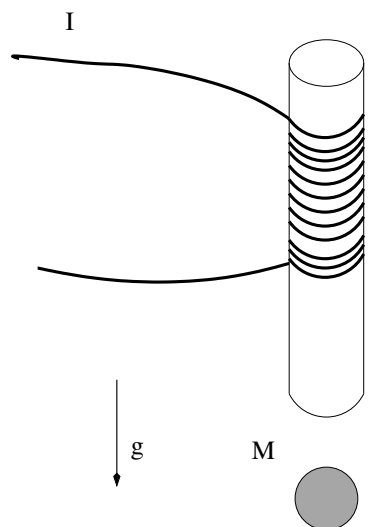
$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j}_l$$

Energía potencial magnética de un dipolo:

$$U = -\vec{m} \cdot \vec{B}.$$

Fuerza de Lorentz: $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$



I Electro-imán

Queremos levantar una masa M de Fe con densidad ρ usando un campo magnético. Construimos un electro-imán como se indica en la Figura: enrollamos un solenoide de largo l con N_c vueltas de cable conductor alrededor de un clavo de Fe, con largo total L . Suponga que $\mu \sim 1000$. La masa esta a una distancia h de la punta del clavo (despreciamos efectos asociados a forma puntuda de la punta).

- (1 pt) Hacemos pasar una corriente de intensidad I . Dé una expresión para \vec{H} en la parte del clavo interior al solenoide.
- (0.5 pt) ¿Cuál es el campo \vec{B} en la punta del clavo que apunta hacia M ?
- (3 pt) Idealizamos el campo \vec{B} externo al clavo con un dipolo magnético en el origen de coordenadas, coincidente con el centro de masa del clavo:

$$\vec{B}(\vec{r}) = -\vec{\nabla}\phi, \quad \phi = \vec{m} \cdot \vec{r}/r^3.$$

- Identifique \vec{m} .
- Si el diametro de la masa es despreciable ante variaciones de \vec{B} , y si se encuentre en el eje del clavo, ¿Cuál es la magnetización en el interior de la masa?
- ¿Cuál es el momento magnético \vec{m}_{Fe} de la masa?

- d) ¿Cuál es la fuerza que actúa sobre la masa?
- (1.0 pt) De lo anterior discuta la intensidad de corriente necesaria para levantar una masa de 10 g de Fe. Critique las aproximaciones y use números educados para las variables físicas.
 - (0.5 pt) ¿Es posible usar corriente del tendido eléctrico?

II Corrientes superficiales en un cilindro

Considere una superficie cerrada que consiste de dos superficies cilíndricas concéntricas de radios a y b de la misma altura h y las correspondientes superficies planas arriba y abajo. Por el cilindro interior sube una densidad de corriente superficial $\vec{K} = K_0 \hat{k}$. La corriente sigue por la superficie plana superior, desciende por la superficie cilíndrica exterior de radio b , sigue hacia adentro por la superficie plana inferior para finalmente volver a subir por el cilindro interior. El medio interior es inhomogéneo: tiene permeabilidad magnética que depende de la altura z ,

$$\mu(z) = \mu_1 + z(\mu_2 - \mu_1) \quad (a \leq \rho \leq b, 0 \leq z \leq h),$$

donde $z = 0$ es la tapa inferior y $z = h$ la superior. Determine:

- (1.0 pt) La corriente total I que sube por el cilindro interior de radio a .
- (1.0 pt) Las densidades de corriente que pasan por cada una de las superficies.
- (2.0 pt) El campo magnético \vec{B} y la intensidad magnética \vec{H} en cada punto del hueco toroidal, si $h \gg (b - a)$, y despreciando efectos de bordes.
- (2.0 pt) El campo de densidad de corriente de magnetización.

III Solenoide sometido a corriente alterna

Por un solenoide cilíndrico ideal de radio a , altura h y N vueltas circula una corriente $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$. El núcleo de la bobina tiene permeabilidad μ y conductividad σ .

- (2.0 pt) Usando la Ley de Ampère¹, calcule el flujo del campo magnético a través de un círculo de radio $r < a$, concéntrico al eje de la bobina y perpendicular a él. Además encuentre la *fem* inducida en el círculo.
- (2.0 pt) Obtenga el campo eléctrico $\vec{E}(\vec{r}, t)$ inducido en el interior de la bobina y calcule la corriente de conducción que circula por el núcleo. Desprecie efectos magnéticos de esta corriente.
- (2.0 pt) Calcule las densidades de corrientes \vec{J}_M y \vec{K}_M que aparecen en el núcleo dado que aparece una magnetización \vec{M} . Desprecie los efectos de borde de la bobina.

¹Notar que al usar la Ley de Ampère, despreciamos la radiación de energía y la corriente de desplazamiento