

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

Relaciones útiles:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M}$$

$$\vec{B} = \mu \mu_0 H, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$$

$$\vec{M} = \chi_B \vec{B} / \mu_0, \quad \vec{j}_M = \vec{\nabla} \times \vec{M}, \quad \vec{K}_M = \vec{M} \times \hat{S}.$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \vec{j}(\vec{r}') \times \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} d^3x'$$

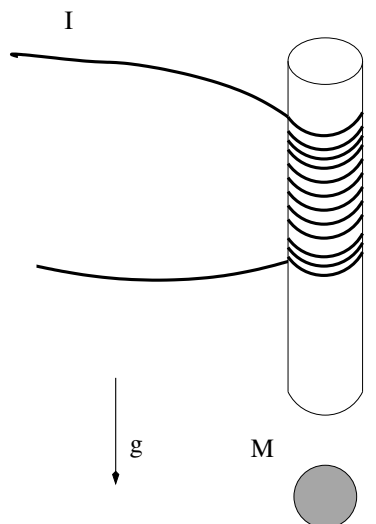
$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j}_l$$

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. (1 pt) Hacemos pasar una corriente de intensidad I . Dé una expresión para \vec{H} en la parte del clavo interior al solenoide.
2. (0.5 pt) ¿Cuál es el campo \vec{B} en la punta del clavo que apunta hacia M ?
3. (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:

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

- a) Identifique \vec{m} .
 - b) 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?
 - c) ¿Cuál es el momento magnético \vec{m}_{Fe} de la masa?
 - d) ¿Cuál es la fuerza que actúa sobre la masa?
4. (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.

5. (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. (1.0 pt) La corriente total I que sube por el cilindro interior de radio a .
2. (1.0 pt) Las densidades de corriente que pasan por cada una de las superficies.
3. (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.
4. (2.0 pt) El campo de densidad de corriente de magnetización.

III Solenoides sometidos 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 .

1. (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. (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.
3. (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