

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

Relaciones útiles:

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

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

Magnetización en materiales lineales: $\vec{M} = \chi_B \vec{B} / \mu_o$.

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

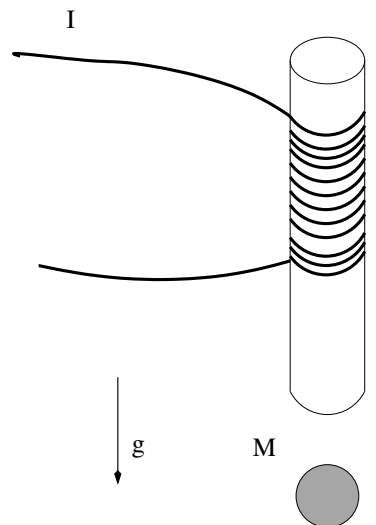
$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j}_l$$

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).

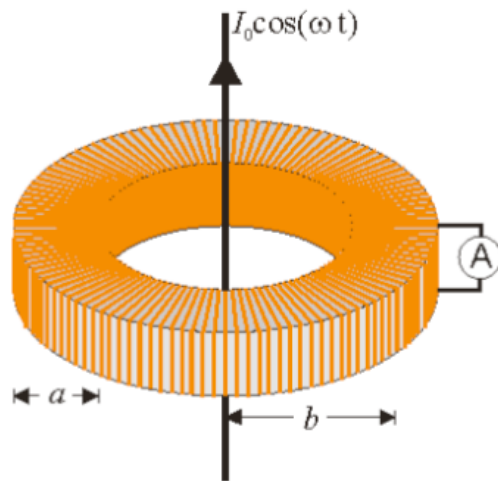
1. (1 pt) Dé una expresión para \vec{H} en la parte del clavo interior al solenoide.
2. (0.5 pt) ¿Cuál es el campo \vec{B} en la punta del clavo que apunta hacia M ?
3. (3 pt) Idealizamos el campo \vec{B} externo al clavo con un dipolo magnético en el origen de coordenadas, coincidente con el centro de masa del clavo:

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

- a) Identifique \vec{m} .
 - b) Si el tamaño 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 Amperímetro de conducción

Un amperímetro de inducción consiste en un solenoide toroidal (de resistencia despreciable y autoinducción L), que se sitúa en torno a la corriente que se pretende medir (ver Figura). Suponga un toroide de radio medio b y sección cuadrada pequeña de lado a ($a \ll b$), con N espiras arrolladas sobre un núcleo de permeabilidad μ .



1. (2 pt) Calcule el coeficiente de autoinducción de este solenoide, cuando por este circula una corriente I .
2. (2 pt) El solenoide anterior se coloca concéntricamente con un hilo rectilíneo por el cual circula una corriente $I_0 \cos(\omega t)$. Calcule el coeficiente de inducción mutua y la fuerza electromotriz que el hilo induce en el solenoide.
3. (2 pt) Despreciando la resistencia del solenoide (pero no su autoinducción), hállese la amplitud de la corriente que circula por el solenoide, y concluya sobre el uso del amperímetro.
4. (+1 pt) Demuestre que la inductancia mutua obtenida en Punto 2 no cambia si el alambre no es paralelo al eje del toroide, siempre que pase por el interior del toroide, y en el caso ideal que el material que compone el núcleo del solenoide es lineal (i.e. $\mu = \text{Cte}$). *Ayuda: recuerde que todo circuito con sentido físico es cerrado.*

III Circuito LR

Consideramos un circuito compuesto por un inductor L montado en serie con una resistencia R y una batería de corriente continúa que proporciona un voltaje V_0 . Cerramos el circuito en $t = 0$, y lo abrimos en $t = T$. Dé una expresión para la intensidad de corriente en el circuito, $I(t)$, para todo t , y grafique. Calcule la energía total disipada en la resistencia en $t > T$, y comente.