

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

Relaciones útiles:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M} \quad \vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} \quad \vec{M} = \chi_B \vec{B} / \mu_0 \quad \mu = 1 / (1 - \chi_B).$$

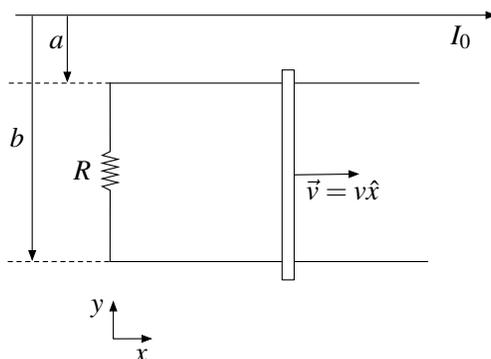
$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j}_i \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} = \vec{j} \quad \epsilon = -d\phi/dt.$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1} \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad \epsilon_0 = 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}.$$

Energía potencial magnética de un dipolo: $U = -\vec{m} \cdot \vec{B}$.

I F.e.m. mocional

Considere una barra conductora que puede deslizarse sin roce sobre dos rieles también conductores. En el mismo plano de los rieles y paralelo a ellos, existe un cable por el cual fluye una corriente I_0 . Si un agente externo provoca que la barra se mueva con velocidad $\vec{v} = v\hat{x}$ en todo momento y la resistencia del circuito cerrado es R , estime:



- (3.0 pt) El módulo y el sentido de la corriente que fluye por la barra.
- (3.0 pt) La fuerza que debe aplicar el agente externo para que la barra se mueva con velocidad constante.

II Grabado en soporte magnético.

Considere un modelo de cabezal de grabación compuesto por un solenoide de N vueltas enrolladas sobre un largo h , con resistencia R y núcleo ferromagnético de permitividad relativa μ_1 y sección A . Una cinta de medio ferromagnético con permitividad relativa μ_2 pasa por la punta del solenoide con velocidad v constante.

1. (2.0 pt) Inicialmente la magnetización de la cinta es nula, y aplicamos una corriente alterna $I = I_0 \sin(2\pi\nu t)$ con $\nu = 10^3$ Hz al solenoide. Dé una expresión para $M(x)$, donde x es una coordenada a lo largo de la cinta (desprecie efectos de borde, pero justifique sus estimaciones).

2. (2.0 pt) Explique cualitativamente como se lee la cinta, y por qué sirve de sistema de grabación análoga para cualquier señal $I(t)$.
3. (2.0 pt) Cuantifique aproximadamente (sin calculadora) la amplitud del voltaje en los bornes del solenoide durante la lectura, si $N = 100$, $\mu_1 = 1000$, $\mu_2 = \mu_1$, $v = 1 \text{ cm s}^{-1}$, $h = 1 \text{ cm}$, $A = 1E - 6 \text{ m}^{-2}$, $I_o = 1E - 3 \text{ A}$.

III Energía y fuerza de interacción entre dipolos magnéticos.

Considere dos dipolos magnéticos \vec{m}_1 y \vec{m}_2 , paralelos y centrados en el plano (x, y) , y con direcciones ortogonales a su separación.

1. (3.0 pt) Dado el campo magnético en \vec{r} generado por un dipolo en de un dipolo centrado en \vec{r}' :

$$\vec{B}(\vec{r}) = -\mu_o \vec{\nabla} \phi_{\text{dip}}, \text{ con } \phi_{\text{dip}} = \frac{\vec{m} \cdot \vec{r} - \vec{r}'}{4\pi |\vec{r} - \vec{r}'|^3},$$

dé una expresión para la energía del dipolo 2 bajo el campo del dipolo 1, y luego para la fuerza aplicada al dipolo 2 (recuerde la relación entre fuerza y energía).

2. Aplicaciones:

- a) (1.5 pt) Si el dipolo 2 consiste en un material magnético con permitividad relativa μ , con un volumen esférico de radio $a \ll d_{12}$, donde d_{12} es la separación entre dipolos, proponga un experimento para medir μ , y escriba una fórmula para μ .
- b) (1.5 pt) Compare la fuerza magnética entre dos electrones separados por 1 \AA con la fuerza de repulsión electrostática, si ambos espines están orientados paralelamente y son ortogonales al vector separación (dato: momento magnético del electrón $9,274 \cdot 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$). Haga sus estimaciones sin calculadores (sólo se pide un resultado aproximado).