

Tren magnético. Problema

Se monta en el laboratorio un dispositivo que simula un tren magnético (imagen adjunta). La vía-túnel se construye enrollando sobre una varilla de 1m de longitud y 2cm de diámetro un hilo de



cobre y dando 100 vueltas completas de hilo por cada cm de extensión. Para simular el tren se introduce una pila convencional de 1.5V de 3cm de longitud, en el interior del solenoide: **a)** ¿Cuánto hilo necesitamos para la elaboración del solenoide completo (de 1m)? **b)** Calculad la corriente que circula por la parte del solenoide que está en contacto directo con la pila. **c)** Calculad la magnitud del campo magnético que se induce en el interior del solenoide y empuja a la pila. **d)** Calculad el flujo magnético que atraviesa el sistema pila + imanes (Datos: diámetro de la pila y de los imanes: 1.5cm. $\mu_0=4 \pi 10^{-7} \text{ N/A}^2$, diámetro del hilo de cobre: 0.4mm, resistividad del cobre: $0.017 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

a) Se ha de calcular el número de vueltas total y multiplicar por el hilo que se necesita para cada una de ellas, que corresponde al perímetro de la sección transversal de la varilla:

$$N_{vueltas} = d_{solenoides} \cdot L_{solenoides} = 100 \frac{vueltas}{cm} \cdot 100 \text{ cm} = 10\,000 \text{ vueltas}$$

$$L_{hilo} = L_{vueltas} \cdot N_{vueltas} = 2 \pi r \cdot 10\,000 = 2 \pi \frac{2 \text{ cm}}{2} \cdot 10\,000 = 62831.85 \text{ cm} = 628.32 \text{ m}$$

b) Para calcular la corriente que circula por el cable de cobre se ha de aplicar la ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$

El voltaje es el que viene dado por la pila, ya que un extremo del cobre estará en contacto con el terminal positivo y otro con el negativo, y esto hará que la corriente viaje de un lado a otro. Se ha de obtener por tanto la resistencia del tramo del hilo por el que está circulando esta corriente. Teniendo el valor de la resistividad, ρ , que se define como:

$$\rho = R \cdot \frac{A}{L}$$

Donde A es el área de la sección transversal del cable, en este caso:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{0.4 \text{ mm}}{2}\right)^2 = 0.126 \text{ mm}^2$$

Y L es la longitud de hilo de cobre implicada, que en ese caso corresponde a:

$$L = L_{pila} \cdot d_{solenoides} \cdot L_{vueltas} = 3 \text{ cm} \cdot 100 \frac{vueltas}{cm} \cdot 2 \pi \frac{2 \text{ cm}}{2} = 1884.96 \text{ cm} = 18.85 \text{ m}$$

De esta manera, se calcula la resistencia como

$$\rho = R \cdot \frac{A}{L} \rightarrow R = \rho \cdot \frac{L}{A} = 0.017 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{18.85 \text{ m}}{0.126 \text{ mm}^2} = 2.54 \Omega$$

Ahora, para la intensidad que está circulando en cada instante por el tramo de hilo en contacto con la pila:

$$I = \frac{1.5 V}{2.54 \Omega} = 0.59 A$$

c) El campo magnético generado en el interior de un solenoide viene dado por la expresión:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N_{vueltas}}{2 \cdot r}$$

Teniendo en cuenta que en este caso el número de vueltas corresponde a aquellas que cubre la longitud de la pila, ya que es la parte por la que circula corriente y que genera el campo magnético:

$$N_{vueltas} = d_{solenoides} \cdot L_{pila} = 100 \frac{vueltas}{cm} \cdot 3 cm = 300 vueltas$$

El radio del solenoide, r , debe ponerse en metros para que las unidades del campo sean las correctas:

$$2 \cdot r = 2 \cdot \frac{0.02 m}{2} = 0.02 m$$

De manera que para los datos del problema se tiene:

$$B = \frac{4 \pi 10^{-7} \frac{N}{A^2} \cdot 0.59 A \cdot 300 vueltas}{0.02} = 0.011 T$$

d) Cuando el campo magnético es uniforme sobre toda la superficie S , el flujo magnético, ϕ , que atraviesa una la misma viene dado por:

$$\phi = B \cdot S$$

Se obtiene mediante la sencilla fórmula del área de un círculo:

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{1.5 cm}{2}\right)^2 = 1.77 cm^2 = 1.77 10^{-4} m^2$$

De manera que el flujo será:

$$\phi = 0.011 T \cdot 1.77 10^{-4} m^2 = 1.95 10^{-6} Wb$$