

FÍSICA GENERAL III - CURSO 2013
Práctica 7: **Flujo magnético. Ley de Faraday.**
Autoinducción. Inducción mutua.

- 1- Considere un circuito rígido por el que circula una corriente I . Naturalmente, en su entorno se produce un campo magnético, por lo que es posible siempre determinar el flujo Φ de dicho campo a través del área limitada por el propio circuito. El coeficiente de autoinducción se define como

$$L = \frac{\phi}{I}$$

Determine el coeficiente de autoinducción por unidad de longitud para los siguientes casos:

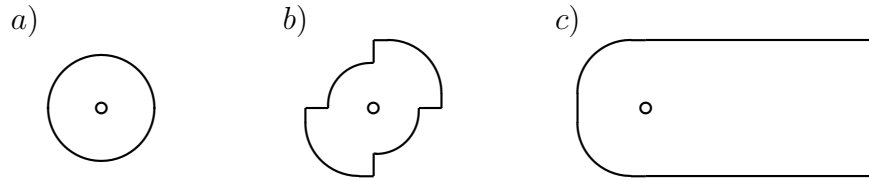
- a) Un solenoide infinitamente largo de radio R y n espiras por unidad de longitud.
 - b) Un coaxil infinitamente largo formado por dos tubos cilíndricos de espesor despreciable y radios R_1 y R_2 ($R_1 < R_2$) (Suponga que la corriente circula a lo largo del tubo interno en un sentido y por el tubo externo en sentido contrario).
 - c) Un coaxil infinitamente largo formado por un cilindro macizo de radio R_1 y un tubo hueco de espesor despreciable y radio R_2 (Suponga que cuando la corriente circula por el conductor macizo, lo hace uniformemente distribuida).
- 2- Un cable coaxil de 10 m de longitud está compuesto de un conductor cilíndrico macizo de radio $a = 0,5\text{ mm}$, rodeado por un conductor cilíndrico hueco de radios $b = 2\text{ mm}$ y $c = 2,2\text{ mm}$. Suponga que ambos conductores se encuentran conectados en sus extremos formando un circuito. Calcule la autoinducción del montaje, especificando las aproximaciones utilizadas.
- 3- Cuando dos circuitos se hallan rígidamente emplazados en sitios próximos, puede determinarse una magnitud intrínseca del montaje, llamada coeficiente de inducción mutua. El mismo se define como sigue

$$M = \frac{\Phi_{21}}{I_1} = \frac{\Phi_{12}}{I_2} \quad (1)$$

donde Φ_{21} representa el flujo a través del circuito 2 cuando una corriente I_1 circula por el circuito 1. Recíprocamente Φ_{12} es el flujo a través del circuito 1 cuando una corriente I_2 circula por el circuito 2.

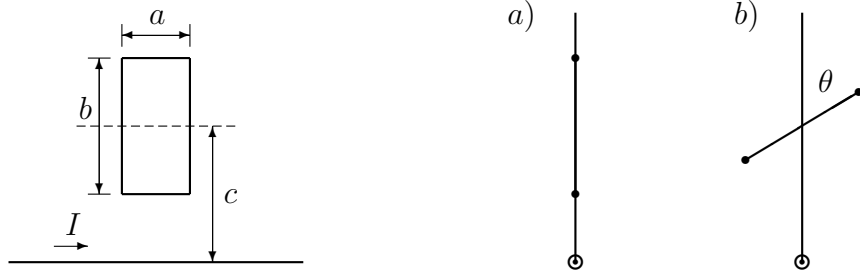
En la figura siguiente se muestran varias situaciones con dos circuitos. En todos los casos, determine el coeficiente de inducción mútua M del montaje, suponiendo que los radios mayores son de 30 cm , los intermedios de 20 cm y los pequeños de 2 cm ¹.

¹Como ayuda metodológica, observe que usted puede suponer (sin que el enunciado lo proponga)



4- Considere un hilo conductor recto infinitamente largo, por el que circula una corriente constante $I = 1,5 \text{ A}$. Una espira rectangular de lados $a = 10 \text{ cm}$ y $b = 20 \text{ cm}$ se encuentra en el mismo plano que el hilo, de modo que sus lados menores sean paralelos al hilo. Suponga además que la distancia del hilo al centro de la espira es $c = 20 \text{ cm}$ (Ver figura).

- Determine el flujo magnético a través de la espira².
- Si la espira rota un ángulo $\theta = 60^\circ$ alrededor del eje de trazos ¿Cuál será el flujo a través de ella?
- ¿Para qué ángulo resultará que el flujo sea nulo?
- Determine en cada caso el coeficiente de inducción mutua.



5- En su forma integral, la ley de Faraday expresa que la circulación del campo eléctrico a lo largo de una curva cerrada C es proporcional a la variación temporal (cambiada de signo) del flujo magnético a través de cualquier superficie S contorneada por C . Esto es

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

Para que este formato diferencial sea cierto, los vectores $d\vec{l}$ y $d\vec{s}$ deben estar orientados de acuerdo con la regla de la mano derecha. Esto es, cuando el pulgar apunta en el sentido de $d\vec{l}$ y el resto de los dedos abrazan la curva, entonces ellos apuntan en el sentido de $d\vec{s}$.

que por un circuito circula una corriente y produce un flujo magnético a través del otro.

²Con el fin de facilitar tratamientos posteriores remitidos a los resultados de este montaje, proponemos que usted obtenga expresiones generales en términos de las magnitudes a , b , c , I y θ .

a) Teniendo bien presente esta convención, dibuje una curva cerrada en el plano del papel y determine el signo de la f.e.m inducida en los siguientes casos:

i) Cuando \vec{B} es entrante en el papel y se atenúa con el tiempo.

ii) Cuando \vec{B} es saliente del papel y se atenúa con el tiempo.

iii) Cuando \vec{B} es entrante en el papel y aumenta con el tiempo.

iv) Cuando \vec{B} es saliente del papel y aumenta con el tiempo.

b) Si sobre la curva hubiera un hilo conductor, en cada uno de los casos anteriores circularía una corriente. Determine en cada caso el sentido de circulación de la corriente y el sentido del flujo magnético que la misma aportaría en la superficie contorneada por el circuito.

c) Discuta la relación entre la variación del flujo que da origen a la corriente y el sentido del flujo con que responde el sistema. Trate de construir una regla general.

d) ¿Qué ocurriría si la ley de Faraday no tuviera el signo negativo? Discuta observando cualquiera de las situaciones anteriores. ¿Observa algo en contra de algún principio fundamental de la naturaleza?

6- En cierta región del espacio existe un campo magnético uniforme \vec{B}_0 . Una varilla conductora se traslada con velocidad constante \vec{V}_0 , de modo que la varilla, el vector campo magnético y el vector velocidad son mutuamente perpendiculares. En los extremos de la varilla se observan acumulaciones de cargas de signos opuestos.

a) Construya un diagrama indicando la orientación de la varilla, los vectores \vec{B}_0 y \vec{V}_0 , y el tipo de carga de cada extremo. ¿Por qué ocurre este fenómeno?

b) ¿Qué fuerza debe hacer un agente externo para mantener el movimiento?

7- Dos espiras circulares concéntricas están en el mismo plano. Si en la espira exterior circula una corriente en sentido horario que aumenta con el tiempo, ¿Cuál de las siguientes opciones describe correctamente la corriente inducida en la espira interior?

a) Circula en sentido antihorario.

b) es nula.

c) Circula en sentido horario.

d) Circula en un sentido que depende de la razón de los radios de las espiras.

8- Considere una espira circular fija de radio $a = 20 \text{ cm}$, por la que circula una corriente constante de intensidad $I = 0,25 \text{ A}$. Una segunda espira circular de radio $b = 1 \text{ cm}$ y resistencia $R = 0,5 \Omega$, se mueve de modo que su centro viaja

con rapidez $v = 4 \text{ m/s}$ (constante) a lo largo del eje de simetría de la primera espira; además los planos que contienen a ambas espiras permanecen siempre paralelos.

a) Determine la fuerza electromotriz inducida, la potencia disipada y la fuerza realizada por el agente externo como funciones del tiempo.

b) ¿Cuál será el máximo valor de fuerza electromotriz inducida que se observará?

9- Un bobinado de 2000 vueltas muy apretadas, ha sido devanado sobre una llanta de bicicleta (hecha de aluminio) cuyo radio es $a = 35 \text{ cm}$. La llanta se ha montado de modo que puede hacerse girar alrededor de uno de sus diámetros, orientado en dirección *este - oeste*. Completando el circuito, los extremos del bobinado se han unido a una pequeña lámpara que requiere una tensión de 1.5 V para encender plenamente.

a) Sabiendo que el módulo de la inducción magnética terrestre en La Plata es $B = 0,3 \text{ Gs}$, determine la frecuencia con que debe hacerse girar el montaje para que encienda la lámpara.

b) Describa cualitativamente la intensidad de la lámpara como función del tiempo.

10- Un conductor infinitamente largo y una espira rectangular de resistencia $R = 20 \Omega$, se montan en un mismo plano (Suponga que el montaje y las dimensiones son los mismos que en el problema 4.a). Calcule la corriente que circulará por la espira, cuando por el hilo circula una corriente alterna con una amplitud de 1 A y una frecuencia de 50 Hz .

11- Considere dos espiras rectangulares coplanares, con centros coincidentes y lados mayores paralelos. Los lados de la primera miden $a = 6 \text{ cm}$ y $b = 120 \text{ cm}$, y los de la segunda $c = 4 \text{ cm}$ y $d = 8 \text{ cm}$.

a) Determine aproximadamente el coeficiente de inducción mutua del sistema.

b) Calcule la corriente que circulará por la espira mayor como función del tiempo, cuando circula por la espira menor una corriente dada por

$$I(t) = I_0 \sin(\omega t)$$

con $I_0 = 1,2 \text{ A}$ y $\omega = 2\pi \times 10^2 \text{ s}^{-1}$.

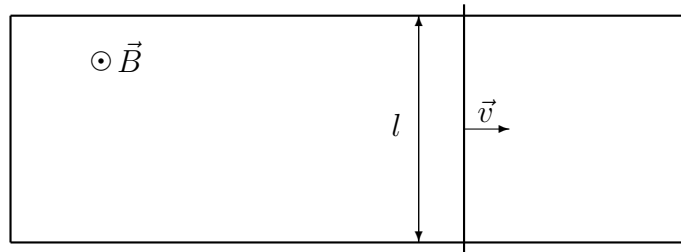
12- Considere dos espiras circulares de radios respectivos $a = 30 \text{ cm}$ y $b = 1 \text{ cm}$, montadas concéntricamente sobre un mismo plano.

a) Determine el flujo magnético a través de la espira pequeña, cuando circula una corriente de 0.1 A sobre la espira mayor.

- b) Determine el coeficiente de inducción mutua del montaje.
- c) Suponga ahora que sobre la espira pequeña circula una corriente alterna cuya amplitud es de $0.2 A$, mientras que su frecuencia es de $120 Hz$. Suponiendo que la resistencia de la espira grande es $R_a = 50 \Omega$, determine la corriente sobre ella como función del tiempo.

13- Una horquilla conductora horizontal de resistencia despreciable, está formada por dos rieles paralelos, separados una distancia $l = 10,8 cm$ y conectados por un puente en uno de sus extremos (ver figura). Sobre la horquilla se desliza una barra de resistencia $R = 415 m\Omega$ libre de fricción, manteniendo una rapidez constante $V = 4,86 m/s$ en dirección paralela a los rieles y en el sentido en que se aleja del puente. Todo el montaje se encuentra inmerso en un campo magnético uniforme de intensidad $B = 1,18 T$, perpendicular al plano de la horquilla.

- a) Determine la fuerza electromotriz inducida y la corriente sobre el circuito, indicando el sentido de circulación.
- b) ¿Qué fuerza debe realizar un agente externo para mantener el movimiento? ¿Cuál será la potencia convertida en energía térmica en la barra?



14- Considere nuevamente el montaje anterior, pero suponga ahora que el campo magnético es aportado por una corriente de $4 A$, que circula por un conductor recto muy largo, contenido en el plano de la horquilla y situado paralelamente a los rieles, a $5 cm$ de uno de ellos (ver figura).

Repita el análisis propuesto en los apartados del problema anterior.

15- Una bobina cuadrada de lado $l = 20 cm$ y 400 espiras, se encuentra inmersa en un campo de inducción magnética uniforme de intensidad $B = 5 mT$. Dicha bobina gira con frecuencia constante $f = 150 Hz$ alrededor de un eje que pasa por dos de sus vértices opuestos. Suponga que el campo magnético es perpendicular al eje de giro.

- a) Determine la f.e.m. inducida en la bobina como función del tiempo.

b) Determine la potencia media que debe suministrarse para mantener la rotación, si la resistencia de la bobina es $R = 50 \Omega$.