

# Ley de Inducción de Faraday

## 1. Ley de inducción de Faraday.

Allí donde hubiere un campo magnético  $\mathbf{B}(\mathbf{r},t)$  cualquier superficie  $\Sigma(t)$  que este atraviere circunscribirá un flujo magnético

$$\Phi_B(t) = \iint_{\Sigma(t)} \mathbf{B}(\mathbf{r}, t) \cdot d\mathbf{A}$$

Faraday descubrió que de producirse una variación del flujo con el tiempo, si en el borde de tal superficie  $\partial\Sigma$  hay un conductor, se genera en él una fuerza electromotriz

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

que moviliza portadores de carga de forma tal de generar una corriente eléctrica que, siguiendo la ley de Ampère, da lugar a otro  $\mathbf{B}'(t)$  que se opone a la variación de  $\Phi_B$ .

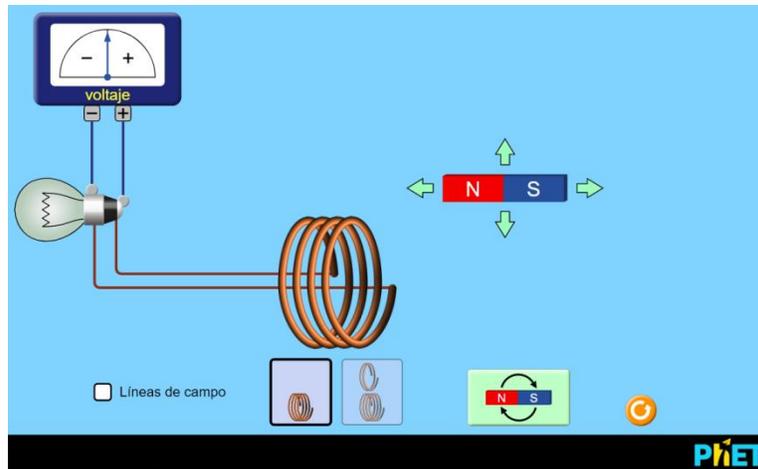
De haber una discontinuidad en el conductor que permita tener dos terminales para medir una diferencia de potencial, se registrará que esta es tal que  $\Delta V = \varepsilon$ .

## 2. Inducción entre una bobina y un imán permanente.

En esta primera parte se propone abordar y responder experimentalmente a la siguiente pregunta: ¿Qué sucede cuando el campo magnético generado por un imán permanente varía dentro de una bobina, por ejemplo cuando uno acerca o mueve un imán?

Para simular el experimento de una bobina conectada a un voltímetro y estudiar qué pasa con la FEM inducida por el movimiento de un imán permanente en su interior se utiliza un simulador interactivo que permite estudiar el potencial inducido en la bobina en función del movimiento de un imán, inclusive viendo las líneas de campo del mismo y como quedan concatenadas por la bobina. Para ejecutar el *applet* se debe entrar al siguiente link:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_es.html)



**Figura 1.** Captura de pantalla del simulador para observar un experimento simple que permite entender la ley de Faraday.

Piense como estudiar de forma cualitativa la respuesta del sistema al introducir el imán permanente dentro de la bobina en diferentes sentidos y a diferentes velocidades. Explique los resultados que observa.

### 3. Inducción entre bobinas:

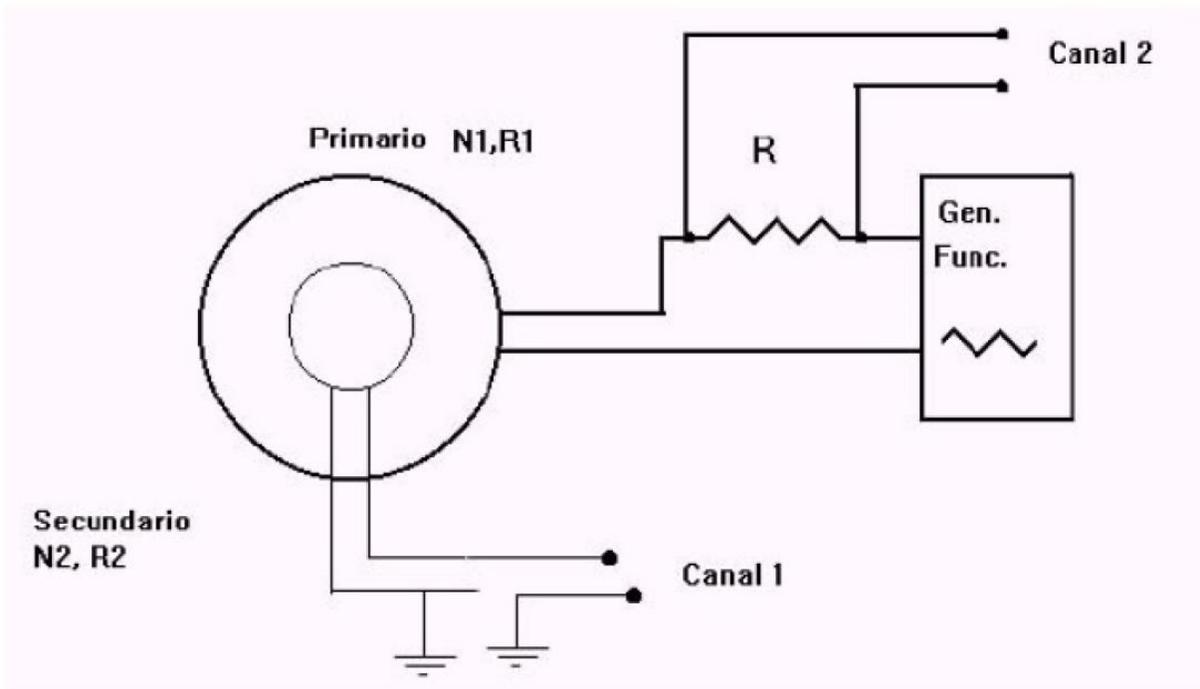
Para poder estudiar la inducción entre dos bobinas es necesario primero entender un poco el funcionamiento de un osciloscopio y como poder cambiar los parámetros de la medición. Esto será de suma utilidad a la hora de mirar las señales en función del tiempo en el simulador de circuitos. Para ello se propone utilizar el simulador de osciloscopio que se puede encontrar en:

<https://academo.org/demos/virtual-oscilloscope/>

<https://www.oszilloskope.net/en/oscilloscope/>

El dispositivo experimental a utilizar se muestra esquemáticamente en la figura 2. El mismo consiste en una bobina con un número de espiras  $N_1$ ; este elemento constituye el primario del circuito. La misma se conecta a un generador de funciones a través de una resistencia  $R$  (entre 50 y 500 Ohm). Esta sirve para limitar la corriente en la bobina y para poder medir la corriente  $I$  que circula por el circuito primario. En general se debe evitar conectar a cualquier fuente de tensión (el generador de funciones en este caso) a elementos de poca impedancia ( $Z \ll 50$  Ohm), ya que se puede quemar la fuente. En un canal del osciloscopio se mide la caída de tensión  $V_R$  en la resistencia, con lo que se logra tener una señal proporcional a la corriente. Se debe tener en cuenta al diseñar el circuito que las tierras del generador y el osciloscopio deben coincidir (pensar y discutir el por qué de las tierras). Una segunda bobina con un número de espiras  $N_2$  se conecta al otro canal del osciloscopio; esta segunda bobina se denomina el secundario del presente dispositivo.

Se colocó una bobina dentro de la otra de modo tal que el campo magnético generado en el primario entre dentro del bobinado del secundario. Se aplica una tensión sinusoidal al circuito de la figura 2. Se desea estudiar como varía la amplitud de tensión inducida en el secundario como función de la frecuencia del generador de funciones y luego como función de la amplitud de tensión del generador de funciones.



**Figura 2.** Esquema del dispositivo experimental propuesto para estudiar la inducción magnética de una bobina primaria en una bobina secundaria. Se utiliza un generador de funciones para alimentar el circuito primario y un osciloscopio para realizar la medición del primario y secundario.

Se repite la experiencia anterior colocando el núcleo de hierro en el interior de las bobinas. ¿Cómo es, en forma cualitativa, la relación entre las señales de corriente del primario y tensión del secundario?

Se realizaron mediciones en el laboratorio con el dispositivo de la figura 2 variando parámetros del generador de funciones y configuraciones del dispositivo. Los resultados de las mediciones se guardan en 4 archivos de texto. A continuación se describen 4 actividades a realizar, trabajando con los datos medidos que se deben cargar en el programa de análisis de datos que se prefiera utilizar (Origin, Qtiplot, Python).

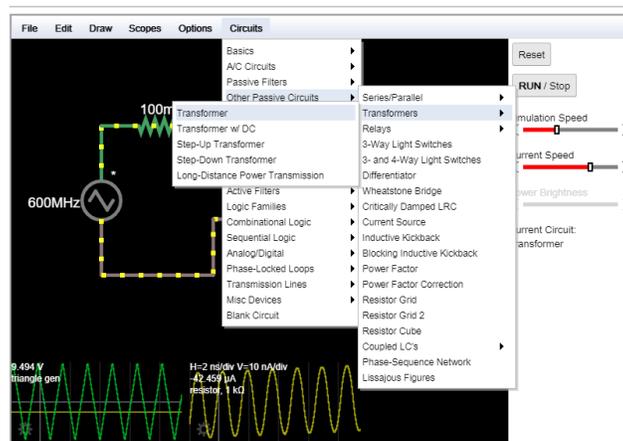
*Actividades:*

1. Cargar los datos **InduccionActividad1.txt** que corresponden a la tensión en la bobina del secundario en función de la frecuencia de la señal sinusoidal del generador de funciones que alimenta la bobina del primario. Realizar un grafico que muestre como es comportamiento. ¿Cómo puede explicar el comportamiento observado entre las magnitudes?
2. Cargar los datos **InduccionActividad2.txt** que corresponden a la tensión en la bobina del secundario en función de la amplitud (tensión pico a pico) de la señal sinusoidal del generador de funciones que alimenta la bobina del primario. Realizar un grafico que muestre como es comportamiento. ¿Qué información se puede obtener del ajuste de la curva?
3. Cargar los datos **InduccionActividad3.txt** que corresponden a la tensión en la bobina del secundario en función de la amplitud (tensión pico a pico) de la señal sinusoidal del generador de funciones que alimenta la bobina del primario para el caso de ambas bobinas con un núcleo de hierro en el interior. Realizar un grafico que muestre como es comportamiento. ¿Qué información se puede obtener del ajuste de la curva? ¿Cómo se compara al resultado de la Actividad 2?

4. Cargar los datos de la actividad **InduccionActividad4.txt** que corresponde a la señal en función del tiempo del generador de funciones y de la tensión inducida en la bobina secundaria con el núcleo de hierro en el interior de la configuración. En este se elige trabajar con una señal triangular. Graficar ambas señales en función del tiempo. ¿Cómo explica el comportamiento observado?

#### 4. Transformador:

Se quiere estudiar como es el comportamiento de un transformador. Para ello se debe cargar el circuito en el applet de Falstad (*CIRCUITS – OTHER PASSIVE CIRCUITS – TRANSFORMERS – TRANSFORMER*).



Editando las bobinas con el núcleo en el esquema se puede cambiar tanto la inductancia como el *RATIO* entre ellas. Un valor de 1 significa que la cantidad de espiras  $N_{\text{primario}} = N_{\text{secundario}}$ , mientras que un ratio de 0.1 significa que  $N_{\text{primario}} = 10 N_{\text{secundario}}$ . Cambiando el valor del *RATIO* obtener valores de la caída de tensión en la resistencia del circuito secundario ( $V_R$ ).

Realizar un gráfico de  $V_{\text{secundario}}/N_{\text{primario}}$  en función del valor del *RATIO* (recordar que  $\text{RATIO} = N_{\text{secundario}} / N_{\text{primario}}$ ).