

Unidad 2 - Corriente Alterna

Conceptos:

1. Campo Magnético
2. Ley de inducción de Faraday
3. Inductor

Campo Magnético (B)

carga eléctrica $\longleftrightarrow$ **E** $\longleftrightarrow$ carga eléctrica

Cargas eléctricas generan un campo eléctrico y este campo a su vez, ejerce una fuerza (eléctrica) sobre otra carga colocada en el campo.

Por simetría:

carga magnética $\longleftrightarrow$ **B** $\longleftrightarrow$ carga magnética

El único problema en esta simetría es que no existen cargas magnéticas pues no hay objetos puntuales aislados de los cuales emergen líneas de campo magnético.

El campo magnético viene de cargas eléctricas ***en movimiento***.

Una carga genera un campo eléctrico tanto en reposo como en movimiento. Entretanto, una carga genera un campo ***magnético sólo*** si estuviese en movimiento.

En los imanes, los electrones del átomo de hierro están en movimiento, y por lo tanto, constituyen el imán.

Campo Magnético (B)

En magnetismo pensamos en términos de:

carga en movimiento $\longleftrightarrow$ **B** $\longleftrightarrow$ carga en movimiento

Como una corriente eléctrica en un hilo es un flujo de cargas en movimiento:

Corriente eléctrica $\longleftrightarrow$ **B** $\longleftrightarrow$ corriente eléctrica

Aquí μ_0 es una constante denominada constante de permeabilidad = $4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A

Así como ϵ_0 (constante de permitividad) 8.85×10^{-12} F.m⁻¹ es para problemas de electrostática.

Campo Magnético (B)

Se puede utilizar varios parámetros para describir las propiedades magnéticas de los sólidos. Uno de ellos es el cociente entre la permeabilidad en un material y la permeabilidad en el vacío, o sea,

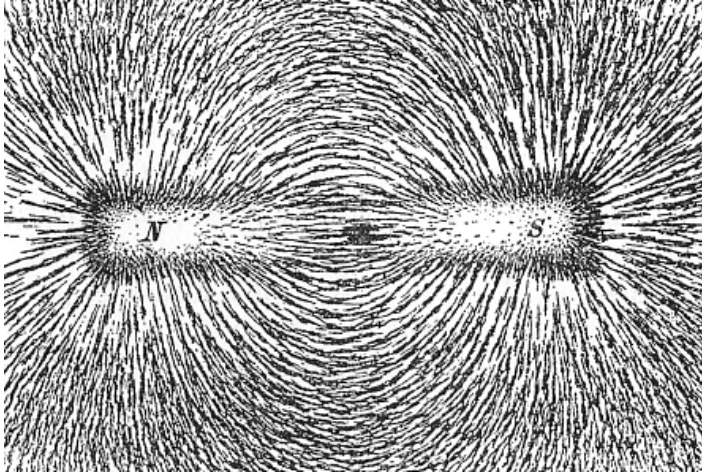
$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

Donde: μ_r se denomina permeabilidad relativa, y no tiene unidades.

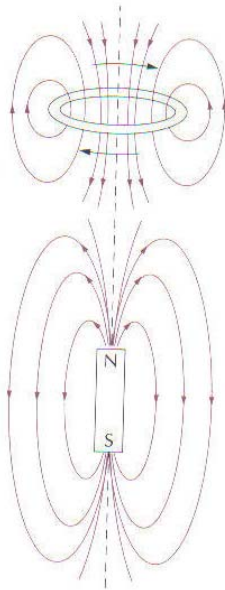
La permeabilidad o permeabilidad relativa de un material es una medida del grado con que un material puede ser magnetizado.

Material y composición	Permeabilidad relativa inicial μ_i
Hierro magnético, chapa de 0,2 cm	250
M36 Si-Fe laminado en frío (aleatorio)	500
M6 (110) [001], 3,2% Si-Fe (orientado)	1.500
45 Ni-55 Fe (45 Permalloy)	2.700
75 Ni-5 Cu-2 Cr-18 Fe (Mumetal)	30.000
+79 Ni-5 Mo-15 Fe-0,5 Mn (Supermalloy)	100.000
48% MnO- Fe ₂ O ₃ , 52% ZnO- Fe ₂ O ₃ (ferrita suave)	1.000
36% NiO-Fe ₂ O ₃ , 64% ZnO-Fe ₂ O ₃ (ferrita suave)	650

Iman



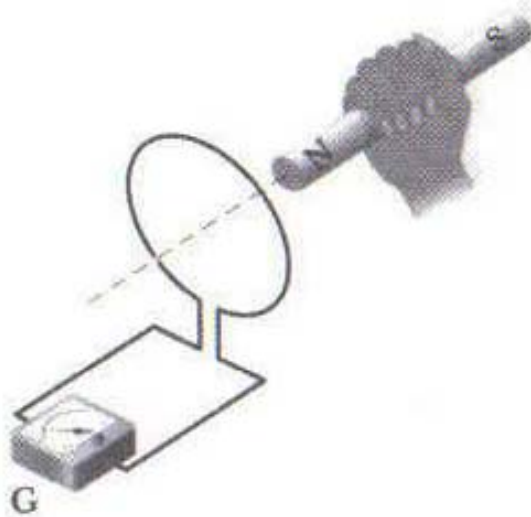
Líneas de fuerza magnéticas de un imán de barra, producidas por limaduras de hierro sobre papel.



Líneas de fuerza del campo magnético alrededor de una espiral y de un imán en forma de barra.

Ley de Faraday (1831)

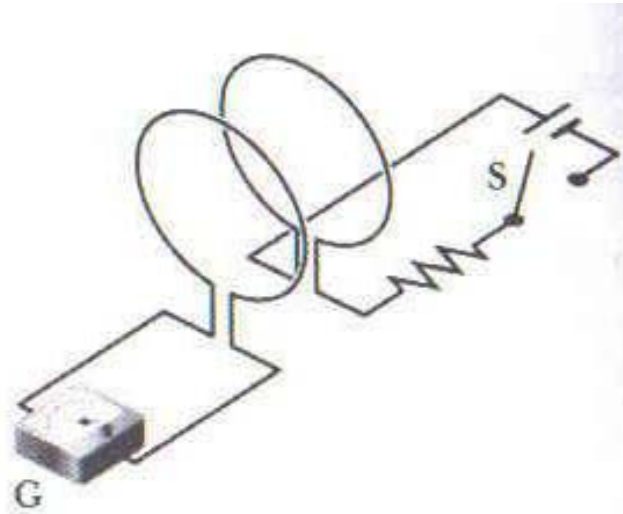
Experiencia 1:



La corriente que aparece en la bobina es conocida como **corriente inducida** y el trabajo realizado por unidad de carga durante el movimiento de los portadores de carga que constituyen esa corriente lo denominamos **fem inducida**.

Ley de Faraday

Experiencia 2:



- A. Dos bobinas próximas, mantenidas en reposo sin contacto eléctrico directo.
- B. Cerrando la llave S, permitiendo que la batería produzca una corriente en la bobina de la derecha, el puntero del galvanómetro en la bobina de la izquierda sufre deflexión momentánea, retornando a cero.
- C. Cuando se abre la llave S interrumpiendo la corriente, el puntero sufre deflexión nuevamente, retornando a cero, pero en sentido opuesto.

Una fem es inducida solamente cuando algo está variando. En una situación estática, donde ningún objeto físico está en movimiento y la corriente es constante, no hay fem inducida. La palabra clave es *variación*.

Ley de inducción de Faraday

Una fem es inducida en la bobina de la izquierda en los dos experimentos cuando el número de líneas de campo magnético que la atraviesan estuviese variando.

El número total de líneas de campo magnético que atraviesan la bobina de la izquierda no nos interesa, es la variación de este número que induce la fem y es la tasa con que el número varía la que determina el valor de la fem inducida.

Exp.1: Las líneas que se generan en la barra imantada y el número de líneas que atraviesan la bobina aumenta cuando aproximamos el imán y disminuye cuando lo distanciamos.

Exp.2: Las líneas están asociadas a la corriente en la bobina derecha. El número de líneas a través de la bobina izquierda aumenta (a partir de cero) cuando cerramos la llave S (prendiendo la corriente) y disminuye (volviendo a cero) cuando abrimos la llave.

Considerando una superficie – plana o no – limitada por una espiral conductora cerrada. Representamos el numero de líneas magnéticas que atraviesan esa superficie por el **flujo magnético** Φ_B para esa superficie, definida por :

$$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \quad \text{Definición de flujo magnético}$$

En un caso especial supongamos que el campo magnético tenga el mismo modulo B en toda su superficie *plana* de área A y que sea perpendiculara esa superficie. Asi, el producto escalar queda BdA . De ese modo,

$$\Phi_B = B \int dA \quad \text{Se reduce a: } \Phi_B = BA \quad \text{caso especial, } \mathbf{B} \text{ perpendicular a } A$$

En el cual ΦB es el modulo del flujo a través de la superficie. En SI, para el flujo magnético es el tesla-metro², al cual se denomina weber (Wb)

$$1\text{weber} = 1\text{Wb} = 1\text{T} \cdot \text{m}^2$$

Enunciado de la ley de inducción de Faraday

La fem inducida en una espiral conductora es igual al negativo de la tasa en que el flujo magnetico a través de la espiral varía con el tiempo.

Sob la forma de ecuación esta ley se escribe:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{Ley de Faraday}$$

Cuando la tasa de variación de flujo es dada en webers por segundo, la fem inducida es dada en volts. El signo negativo tiene que ver con el sentido de la fem inducida, esto es, el sentido de la flecha de la fem dibujada en un diagrama de la espiral.

Si variamos el flujo magnetico a través de una bobina con N vueltas, una fem inducida aparecerá en cada espiral y estas fems – como las fems de baterias conectadas en serie – deben ser sumadas. Si la bobina fuese enrollada compactamente de modo que el flujo a través de cada espiral sea el mismo, la fem inducida en la bobina será:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Ley de Faraday

Ley de Lenz (1834)

Una corriente inducida surgirá en una espiral cerrada con un sentido tal que ella se opondrá a la variación que la generó.

Ley de Faraday dice que una tensión se desarrollará a través de un conductor cuando éste esté en un campo magnético cambiante (variable).

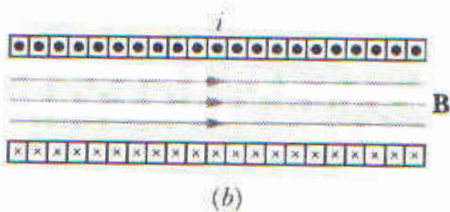
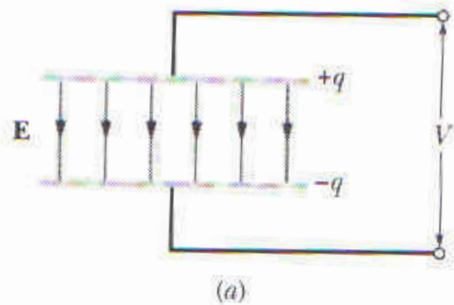
La Ley de Lenz dice que la polaridad de la tensión inducida creada es tal que la corriente eléctrica resultante produce un campo magnético que se opone al campo magnético que lo creó.

Condensadores e Inductores

Un condensador es un dispositivo que podemos usar, convenientemente, para producir un determinado campo eléctrico en una región del espacio.

Simétricamente, podemos definir un inductor como un dispositivo que podemos usar, convenientemente, para producir un determinado campo magnético en una región.

De forma simbólica:



El inductor es para el campo magnético
como

El condensador es para el campo eléctrico.

- a) Condensador y su campo eléctrico asociado.
- b) Inductor y su campo magnético asociado.

Inductancia

Poniendo cargas iguales u opuestas $\pm q$ sobre las placas de un condensador, una diferencia de potencial V surge en las placas. La capacidad del condensador es definida por:

$$C = \frac{q}{V} \quad \text{Faradios}$$

Estableciéndose una corriente i en un inductor, surge, en cada una de sus espirales, un flujo magnético Φ , debido a esa corriente y, decimos que las espirales están *concatenadas* por este flujo compartido. La inductancia del inductor es

$$L = \frac{N\Phi}{i}$$

Donde N es el numero de espirales (vueltas)
El producto $N\Phi$ es denominado *flujo concatenado*

En SI flujo magnético es tesla-metro²

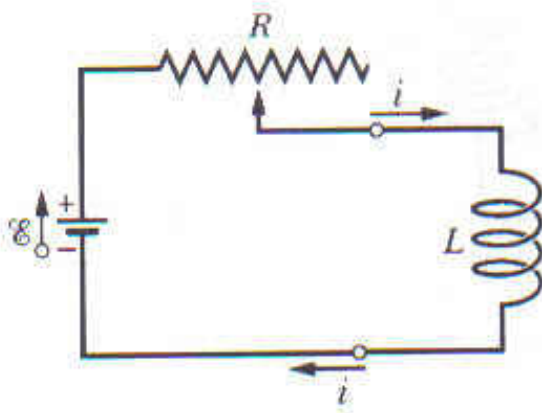
La unidad de la inductancia es tesla-metro² por ampere (T.m²/A). Esta unidad es denominada henry (H) en homenaje a Joseph Henry, coautor de la ley de inducción.

Auto - inducción

Si dos bobinas, que llamaremos ahora de inductores – estuvieran proximas una de otra, una corriente i en una bobina producirá un flujo magnético Φ en la segunda bobina. Vimos que, si variamos este flujo variando la corriente, una fem inducida aparecerá en la segunda bobina, de acuerdo con la ley de Faraday. Además:

Una fem inducida ε_L surge en una bobina cuando variamos la corriente en esta misma bobina.

Tal proceso es denominado de **auto inducción**, y la fem que aparece es denominada **fem auto-inducida**. Ella obedece a la ley de la inducción de Faraday, como cualquier otra fem inducida lo hace.



Si variamos la corriente en la bobina L , moviéndola posición del contacto sobre la resistencia R , una fem auto-inducida ε_L surgirá en la bobina, *cuando la corriente estuviere variando*.

Para cualquier inductor:

$$L = \frac{N\Phi}{i} \quad \longrightarrow \quad N\Phi = Li$$

La ley de Faraday nos dice:

$$\mathcal{E}_L = -\frac{dN\Phi}{dt}$$

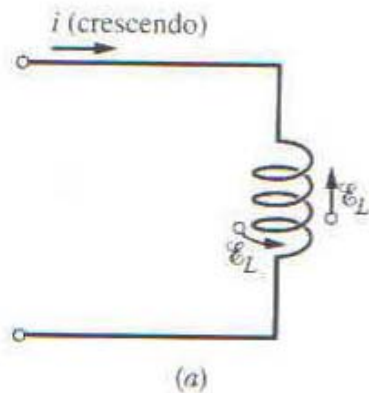
Combinando las dos ecuaciones podemos escribir, para la fem auto-inducida:

$$\mathcal{E}_L = -L \frac{di}{dt} \quad \text{fem auto-inducida}$$

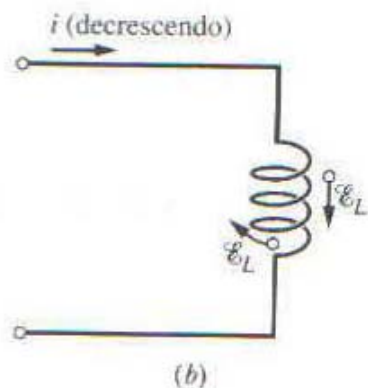
Así, en un inductor cualquiera (bobina, solenoide), una fem auto-inducida surge siempre que la corriente varía con el tiempo. La intensidad de la corriente no tiene ninguna influencia sobre el módulo de la fem inducida; solamente la tasa de variación de la corriente tiene importancia.

Sentido de la fem auto-inducida por la Ley de Lenz.

El signo negativo de la ecuación representa el hecho de que – como la ley de Lenz afirma – la fem auto-inducida actúa de modo que se opone a la variación que la produce.



Supongamos que, conforme la figura a, se establece una corriente i en una bobina y que esta está aumentando con el tiempo a una tasa di/dt . En la ley de Lenz, este aumento de corriente es la “variación” a la cual la fem auto-inducida se debe oponer. Para eso, la fem auto-inducida tiene que aparecer en la bobina, apuntando en el sentido indicado en la figura, para que se oponga al aumento de la corriente.

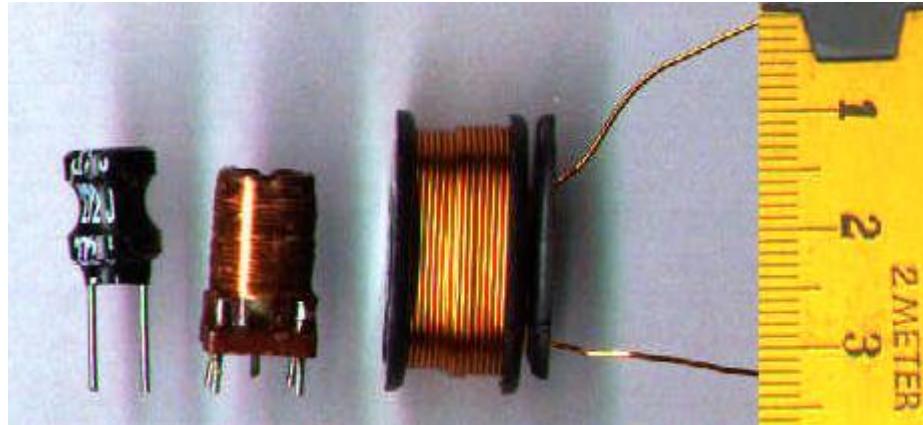


Haciendo la corriente disminuir con el tiempo, como en la figura b, la fem auto-inducida tiene que apuntar en un sentido que tienda a oponerse a su disminución, como muestra la figura.

Cuando un campo eléctrico y una fem son inducidos por un flujo magnético variable, no podemos definir un potencial eléctrico. Esto significa que no podemos definir el valor del potencial eléctrico en el interior del inductor, donde el flujo está variando. Entretanto, podemos definir un potencial en puntos del circuito afuera de esa región, donde los campos eléctricos en el hilo y en otros elementos del circuito son causados por distribuciones de partículas cargadas.

Además, podemos definir una diferencia de potencial V_L *a través de un inductor* (entre sus terminales que suponemos fuera de la región del flujo variable). Cuando el inductor es un inductor ideal (los hilos presentan resistencia despreciable), el módulo V_L es igual al módulo de la fem auto-inducida $\mathcal{E}_L$.

Cuando al contrario, el inductor tiene una resistencia r , nosotros lo separamos en una resistencia r (que tomamos fuera de la región de flujo variable) y un inductor ideal de fem $\mathcal{E}$, como en el caso de la batería real.



Un inductor está constituido usualmente por una cabeza hueca de una bobina de material conductor, típicamente alambre o hilo de cobre esmaltado. Existen inductores con núcleo de aire o con núcleo de un material ferroso, para incrementar su capacidad de magnetismo entre la Intensidad (inductancia).