

Physica

Conceptos fundamentales de Física en 2º de Bachillerato

I.E.S. Aguilar y Cano

Inducción electromagnética

J.M.L.C.

Introducción

Hasta ahora se ha estudiado el efecto de un campo magnético sobre una corriente, y posteriormente la creación de un campo gracias a la corriente eléctrica, experimentado por Oersted. El siguiente paso será el efecto inverso, es decir, producir corriente mediante campos magnéticos.

Inducción electromagnética

Fueron Henry y Faraday quienes en 1830 observaron la presencia de una fuerza electromotriz en un conductor cuando se desplazaba en el seno de un campo magnético. En efecto, si una espira unida a un galvanómetro está en presencia de un imán inmóvil no se aprecia nada, pero al desplazar el imán ocurrirá:

a) Si se acerca el polo N del imán a la espira, el galvanómetro señala una corriente, que a su vez crea un campo opuesto al del imán.

b) Si se aleja el polo S, ocurre exactamente lo mismo.

c) Si se acerca el polo S, la corriente en la espira es de sentido contrario, pero crea también un campo magnético opuesto al del imán.

d) Si se aleja el polo N, sucede como en el caso anterior.

En el caso de estar quieto el imán y desplazarse la espira, ocurrirá exactamente lo mismo, de lo que se deduce que lo importante es el movimiento relativo entre ambos.

Espira en lugar de imán

Si se sustituye el imán por una espira por la que pasa corriente, como creará un campo magnético, ocurrirá lo que en los cuatro casos anteriores.

Por último, si se dejan ambas espiras en reposo, el galvanómetro no indica ningún paso de corriente, pero si la conectada a la pila se la desconecta, por ejemplo con un interruptor, se observará en el galvanómetro un brusco impulso de corriente que desaparece, hasta que se vuelve a cerrar el circuito, provocando otro impulso.

Corrientes inducidas

A la corriente eléctrica I , producida por el imán o por otra espira, se le denomina *corriente inducida*, mientras que la espira es el circuito *inducido*, y el imán el sistema *inductor*.

Variaciones de flujo

Todos los fenómenos indicados anteriormente deben tener algo en común; y así es, en efecto. La corriente inducida se ha producido siempre que sobre la espira ha habido una variación de flujo,

$d\Phi = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$. Al acercarse o alejarse la espira y el imán, había una variación de la intensidad de \mathbf{B} ; al abrir o cerrar el circuito inductor se provocaba un campo variable, aunque las espiras estuvieran en reposo.

Fuerza electromotriz (f.e.m.)

En resumen, si sobre un circuito hay una variación de flujo magnético se producirá una f.e.m. (*fuerza electromotriz*) inducida que provocará una corriente eléctrica I , si el circuito está cerrado.

Ley de Lenz-Faraday

La ley experimental que relaciona la f.e.m. inducida y la variación de flujo fue encontrada por Faraday:

$$\varepsilon = K \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Esta expresión es perfectamente homogénea, pues K es adimensional y ε se mide en voltios en el S.I.; en efecto:

$$1\text{Wb} = 1\text{V} \cdot 1\text{s}.$$

La constante K

El valor de la constante K fue encontrado por Lenz, siendo su valor de -1 , por lo que la ecuación anterior se

expresará diciendo: $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$.

Ley de Lenz

Este signo menos es de gran importancia, ya que significa que el sentido de la f.e.m. inducida es tal que se opone por sus efectos electromagnéticos a la variación del flujo que la produce. En otras palabras, si lo que provoca la f.e.m. inducida es un aumento de flujo, la corriente inducida tendrá un sentido tal que originará un flujo de signo contrario. En efecto, en los ejemplos anteriores, el campo creado por la intensidad inducida I siempre se opone al campo del sistema inductor, de tal modo que la *variación* de flujo inducido es de signo contrario a la del flujo inductor.

Esta *ley de Lenz* es un caso más de la conservación de la energía, pues si dijese lo contrario, los campos inductor e

Contenido

Introducción.....	1
Inducción electromagnética.....	1
Ley de Lenz-Faraday.....	1
Corriente alterna.....	2

inducido tendrían el mismo sentido, provocando a su vez un aumento de la I , que aumentaría el campo, etc., obteniéndose una corriente tan grande como se quisiera.

Demostración de la ley de Faraday

La ley de Faraday -la de Lenz es experimental- se puede deducir físicamente, y ayudar a la comprensión de los fenómenos que ocurren.

Sea una barra de un conductor neutro MN en el seno de un campo B , que se desplaza a la velocidad v por la acción de cierta fuerza F_a , una longitud dx . La fuerza

$$F = q \cdot v \times B$$

que actúa sobre el conductor hace desplazar sus cargas provocando una corriente de intensidad I en el sentido MOPN. Por otra parte, si circula cierta intensidad I , deberá aparecer sobre el tramo MN otra fuerza

$$F_b = I \cdot l \times B$$

tal que puede considerarse como la fuerza de reacción de la fuerza F_a , por lo que serán iguales y de sentido contrario. El trabajo realizado al desplazar el conductor de MN a M'N' será:

$$dW = F_a \cdot dx = -F_b \cdot dx = -F_b \cdot d$$

$$dW = -I \cdot l \cdot B \cdot dx$$

Llamando $dS = l \cdot dx$

el área barrida por el conductor

$$dW = -I \cdot B \cdot dS = -I \cdot d\Phi$$

Es conocida la expresión del trabajo realizado por la corriente I , en un tiempo dt :

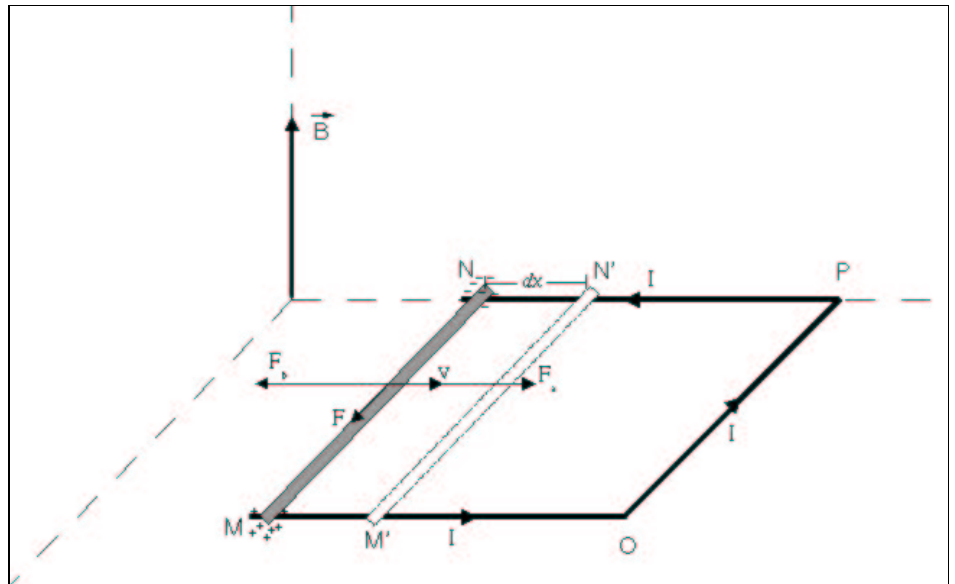
$$dW = \varepsilon \cdot I \cdot dt$$

$$\varepsilon \cdot I \cdot dt = -I \cdot d\Phi$$

por tanto:

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

que corresponde al valor experimental de Lenz.



Corriente alterna

La diferencia básica entre la corriente continua y la alterna es que en la alterna el movimiento de los electrones cambia de sentido del orden de 50 veces por segundo, con un movimiento oscilatorio armónico. Los fundamentos tienen el origen en los trabajos realizados por Faraday y Henry, como se sabe, a mediados del siglo XIX, pero no fue hasta finales de ese siglo, gracias a la invención del transformador por el francés Lucien Gaulard (1850-1888) que lo ensayó con gran éxito en el metropolitano de Londres y que resolvió el problema del transporte de energía eléctrica a larga distancia, no tuvo gran utilidad.

Generador de corriente alterna

La obtención de corriente alterna se fundamenta en la ley de inducción de Faraday. El dispositivo más elemental se denomina *alternador* y consiste en una espira de forma de cuadro rectangular, que se denomina *inducido*, que gira alrededor de un eje, en presencia de un imán, que se denomina *inductor*, que crea un campo magnético B . El cuadro inducido está conectado por sus extremos a dos anillos, denominados *colectores*, que están en contacto con dos piezas fijas denominadas *escobillas*, que recogen la corriente inducida producida en la espira en su giro. Si el imán crea un campo magnético

constante B y la espira tiene una superficie S , en cada instante el flujo será:

$$\Phi = B \cdot S = B \cdot S \cdot \cos \varphi$$

siendo φ el ángulo que forman ambos vectores.

El cuadro debe girar para provocar una variación de flujo, por lo que si lo hace a velocidad angular constante ω , se tendrá:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t$$

Si para $t = 0$ se toma $\varphi_0 = 0$, entonces $\varphi = \omega \cdot t$ y el flujo en función del tiempo será:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \omega t$$

Al aplicar la ley de Lenz-Faraday se observa que la f.e.m. inducida es:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen } \omega t$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \text{sen } \omega t$$

donde ε_0 es el valor máximo o amplitud de la f.e.m. inducida. La f.e.m. inducida variará, por tanto, sinusoidalmente con el tiempo y recibe el nombre de fuerza electromotriz alterna instantánea. Al conectar los extremos de la espira a un circuito eléctrico de resistencia R , se establecerá una corriente eléctrica de intensidad, según la ley de Ohm:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_0 \sin \omega t}{R} = I_0 \sin \omega t$$