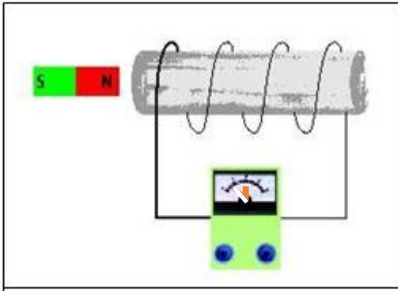


Breve resumen de lo trabajado en práctico:

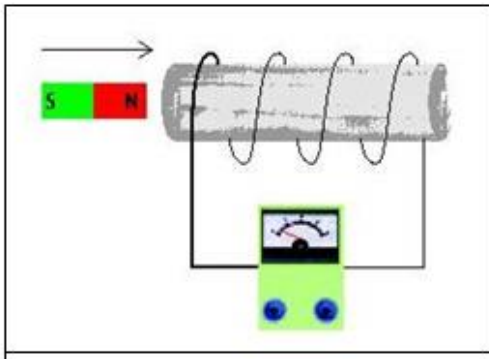
Habíamos comprobado que la corriente eléctrica al circular genera un campo magnético. Razonamos, por simetría, que era razonable esperar que el campo magnético también pudiera, a su vez, generar corriente eléctrica. Esta misma sospecha la tuvieron, al mismo tiempo y sin conocerse, dos científicos: Michael Faraday (Inglaterra), Joseph Henry (EEUU) y realizaron experiencias para comprobarlo. Nosotros trabajaremos con un imán de barra y una bobina, de forma similar a como lo hizo Faraday en el siglo XIX. La bobina estará conectada a un amperímetro, que registrará la corriente eléctrica en caso que esta sea generada por el imán.

i) Imán quieto cercano a la bobina



En este caso, el amperímetro NO registra corriente eléctrica circulando en la bobina.

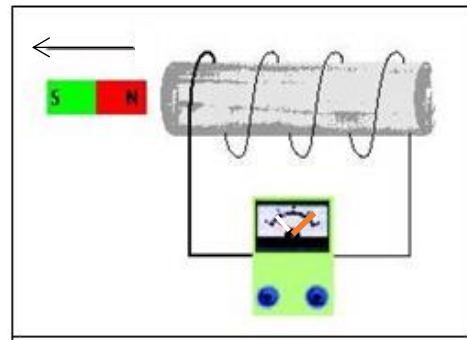
ii) Imán acercando su polo NORTE a la bobina (o bobina acercándose del NORTE del imán).



En este caso apreciamos movimiento en la aguja del amperímetro. Lo que indica que hay corriente eléctrica circulando en la bobina.

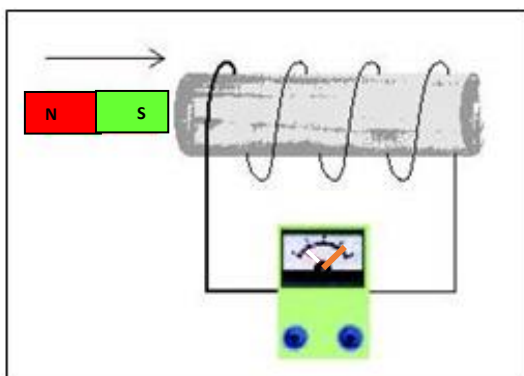
Si movemos más rápido el imán, el amperímetro registra mayor intensidad de corriente

iii) Imán alejando su polo NORTE de la bobina (o bobina alejándose del NORTE del imán).

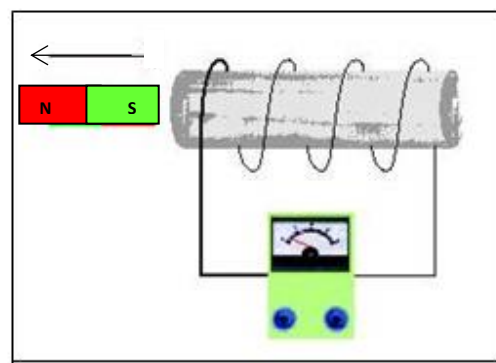


Nuevamente se observa movimiento en la aguja del amperímetro, pero en el otro sentido (intensidad de signo contrario) Esto indica que la corriente eléctrica circula por la bobina en sentido contrario al caso anterior

iv) Imán acercando su polo SUR a la bobina (o bobina acercándose al SUR del imán).



v) Imán alejando su polo SUR de la bobina (o bobina alejándose del SUR del imán).



La situación es similar en estos casos, al acercar el polo SUR circula corriente en sentido contrario que si acercáramos un NORTE y viceversa

Conclusiones:

- Pudimos observar que es posible generar una corriente eléctrica en un circuito utilizando un imán
- Esta corriente solo se produce si existe movimiento relativo entre el imán y la bobina. Tanto si se acercan como si se alejan
- Si el imán y la bobina permanecen en reposo, no circula corriente por el circuito
- El sentido de la corriente depende de cual polo sea el que se acerca o se aleja de la bobina
- Las corrientes eléctricas producidas de esta forma, reciben el nombre de **CORRIENTES INDUCIDAS** (fig.4)
- El valor de la intensidad de corriente inducida depende de la velocidad de acercamiento o alejamiento entre el imán y la bobina (fig. 5)

Las corrientes eléctricas generadas a partir de un campo magnético, como fue realizado en nuestra práctica reciben el nombre de **CORRIENTES INDUCIDAS**

Fig. 4

En todos los casos en los que circula corriente, podemos observar que si el movimiento de imán respecto a la bobina es más rápido, el valor de intensidad indicado por el amperímetro es mayor.

Fig. 5

Más allá de que estas corrientes reciben un nombre especial “corrientes inducidas”, no tienen diferencia alguna con las otras corriente eléctrica de cualquier circuito que hallamos trabajado hasta ahora. La diferencia en el nombre se debe a que en este caso, la corriente se produjo (indujo) a partir del campo magnético y movimiento del imán.

Comentarios:

1) El amperímetro mueve la aguja hacia un lado u otro, indicando que la corriente eléctrica a veces tiene un sentido y a veces otro. Esto no es nuevo para nosotros, ya sabemos que en esta situación se aplica la **REGLA DE LENZ**.¹

2º) El movimiento del imán generó corriente eléctrica, o sea, el imán en movimiento es un generador de corriente eléctrica. Recuerde que cada generador se caracteriza por una f.e.m (ϵ). **¿Qué factores influyen en la f.e.m de este generador?**

LEY DE FARADAY

Michael Faraday, científico británico, descubrió en 1831, que para que circule corriente inducida en un circuito, hay que provocar **variaciones de flujo de campo magnético** (lo que nosotros hacíamos moviendo el imán). El concepto de flujo magnético es análogo al de flujo eléctrico. De todos modos, lo definiremos formalmente:



Fig. 1 Michael Faraday (1791-1867)

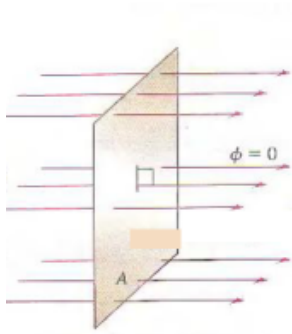
¹ Si no recuerda la regla de Lenz, revise la nota nº18.

FLUJO DE CAMPO MAGNÉTICO

Concepto de flujo:

Consideremos una región del espacio en la que existe un campo magnético.

En ella se coloca una superficie como muestra la figura



El flujo se relaciona con la cantidad de líneas de campo magnético que atraviesa la superficie.

Es una magnitud escalar.

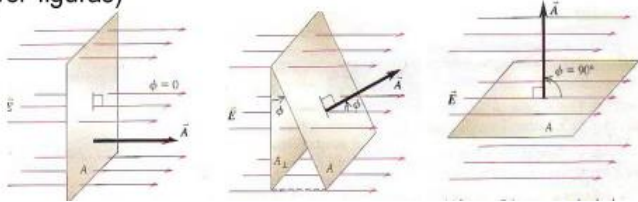
Se representa con la letra griega Φ (fi)

¿Qué factores influyen en el valor del flujo de campo magnético?

*El módulo del campo magnético (mayor módulo = más líneas de campo).

*El área de la superficie (mayor área= más líneas lo atraviesan)

*La inclinación del plano respecto al campo magnético (ver figuras)



$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

$$[\Phi_B] = \text{Wb (weber)}$$

- El flujo magnético es una magnitud escalar.
- Cuando se obtiene un escalar multiplicando el módulo de dos vectores por el coseno del ángulo entre ellos, al resultado se lo conoce como PRODUCTO ESCALAR.
- En este caso, el flujo magnético es el PRODUCTO ESCALAR de campo magnético y vector área.
- Se escribe:

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

Tal como ocurriría para el flujo de campo eléctrico, la expresión $\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \alpha$ supone que el campo magnético es constante en toda la superficie y que la superficie es regular. Cuando esto no ocurre, hay que utilizar la integral:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Ahora bien, sabemos que cambio de flujo magnético genera corriente inducida y por lo tanto, este cambio es en sí mismo un generador, posee f.e.m. (llamada *f.e.m inducida*) pero, ¿cuál es la relación entre el cambio de flujo magnético y la fem inducida?

La ecuación que cuantifica la f.e.m inducida se conoce con el nombre de Ley de Faraday.

La f.e.m. inducida en los bornes de una bobina de N espiras, es directamente proporcional a la rapidez con que cambia el flujo de campo magnético a través de ella. Matemáticamente esto se expresa con la ecuación: $\epsilon_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

- “ $\Delta\Phi$ ” es la variación del flujo magnético ($\Phi_{\text{final}} - \Phi_{\text{inicial}}$) y “ Δt ” es el tiempo en el que se produce dicha variación.
- “N” es el número de vueltas que tiene la bobina, en el caso que sea una sola espira, la ecuación de la Ley de Faraday se reduce a $\epsilon_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
- Las unidades de las magnitudes involucradas en esta ecuación son: $\epsilon_i \Rightarrow V$ (Volt), $\Delta\Phi \Rightarrow Wb$ (Weber), $\Delta t \Rightarrow s$ (segundos) y N no tiene unidades.
- El signo “-” que aparece en la ecuación, se debe a una relación existente entre la variación de flujo y el sentido de la corriente inducida

Para calcular la intensidad de corriente inducida debemos conocer, además de la f.e.m. inducida, la resistencia Eléctrica de la bobina. Aplicando la Ley de Ohm : $i_i = \frac{\epsilon_i}{R}$

Fig. 14 Cálculo de la intensidad inducida

La ley de Faraday es una de las cuatro ecuaciones fundamentales del electromagnetismo. Note que, tal y como nos indicaba la intuición de una simetría, el campo magnético (cuando varía) puede generar una corriente eléctrica que a su vez genere un campo magnético.

Veamos algunos ejemplos sencillos de aplicación:

EJEMPLO I

La espira de cobre limita un área 60cm^2 y se encuentra inicialmente en la posición indicada (fig. 22), dentro de un campo magnético uniforme de módulo $0,020\text{T}$. En un tiempo de $0,50\text{s}$ la espira rota un ángulo de 60° quedando en la posición que muestra la figura 23

a) Se inducirá f.e.m. e intensidad en la espira

Al cambiar el ángulo “ α ” entre el vector superficie y el campo magnético se produce un cambio en el flujo magnético que atraviesa la espira. Esto trae como consecuencia que se genere f.e.m inducida y como la espira es de un material conductor por ella circulará corriente.

b) Determine la F.E.M. media inducida en dicho intervalo.

En primer lugar calcularemos el flujo de campo magnético inicial y final, para luego calcular su variación:

$$\Phi_i = B \cdot s \cdot \cos \alpha = 0,020\text{T} \cdot 6,0 \times 10^{-3}\text{m}^2 \cdot \cos 0^\circ \Rightarrow \Phi_i = 1,2 \times 10^{-4}\text{Wb}$$

$$\Phi_f = B \cdot s \cdot \cos \alpha = 0,020\text{T} \cdot 6,0 \times 10^{-3}\text{m}^2 \cdot \cos 60^\circ \Rightarrow \Phi_f = 6,0 \times 10^{-5}\text{Wb}$$

Inicialmente la superficie de la espira es perpendicular al campo, en este caso \vec{B} y \vec{s} tiene igual dirección y sentido ($\alpha = 0^\circ$). Luego de rotar, estos vectores quedan formando un ángulo de 60° (fig. 23)

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i = 6,0 \times 10^{-5}\text{Wb} - 1,2 \times 10^{-4}\text{Wb} \Rightarrow \Delta\Phi = -6,0 \times 10^{-5}\text{Wb}$$

Conociendo la variación de flujo, el tiempo en que se produjo $\Delta t = 0,50\text{s}$ y que $N = 1$ por tratarse de una sola espira, podemos aplicar la ecuación de la Ley de Faraday:

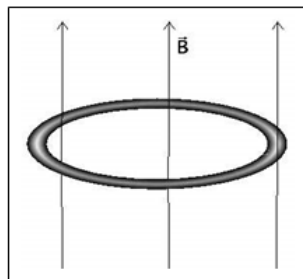


Fig. 22 Al rotar, el flujo magnético a través de la espira cambia.

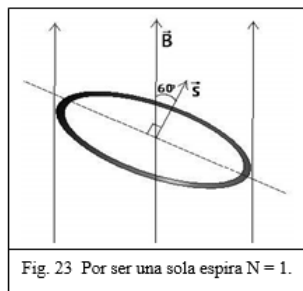


Fig. 23 Por ser una sola espira $N = 1$.

$$\epsilon_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -1 \cdot \frac{-6,0 \times 10^{-5}}{0,50} \Rightarrow \epsilon_i = 1,2 \times 10^{-4}\text{V}$$

c) ¿Si la resistencia eléctrica de la espira es $R = 4,0\Omega$, cuál es el valor de la intensidad de corriente eléctrica inducida que circula por ella?

Conociendo la ε_i y la resistencia eléctrica, aplicamos la Ley de Ohm:

$$i_i = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{1,2 \times 10^{-4} \text{ V}}{4,0\Omega} \Rightarrow i_i = 3,0 \times 10^{-5} \text{ A}$$

EJEMPLO II

En la figura 25 se representan 20 espiras rectangulares muy apretadas, vistas en proyección horizontal, que son atravesadas perpendicularmente por un campo magnético saliente del plano y cuyo módulo varía según la gráfica de la figura 26.

Si una espira o un conjunto de ellas, se hacen girar continuamente dentro de un campo magnético. Producirán constantemente f.e.m., constituyéndose en un generador de corriente alterna

Fig. 24 Generador de corriente alterna

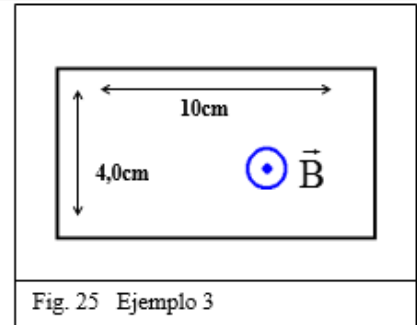


Fig. 25 Ejemplo 3

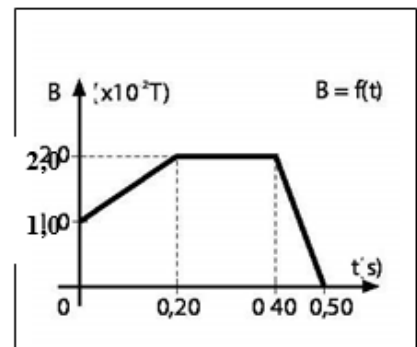


Fig. 26 La variación de \vec{B} produce variación de flujo induciéndose

b) Indica el sentido de la intensidad inducida en la espira.

Para determinar el sentido de la intensidad inducida debemos aplicar la Regla de Lenz en cada uno de los intervalos.

Primer tramo:

En la gráfica $B = f(t)$ (fig. 27) observamos que el campo magnético aumenta y se produce un aumento del flujo ($\Delta\Phi > 0$). Para contrarrestar este aumento la espira generará un campo magnético inducido \vec{B}_i opuesto a \vec{B} (fig. 31). Aplicando la regla de la mano derecha y orientando el dedo pulgar en el sentido de \vec{B}_i (entrante), determinamos que el sentido de i_i es horario.

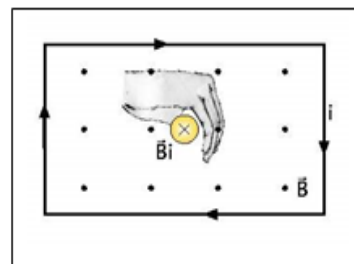


Fig. 31 El flujo aumenta $\Rightarrow \vec{B}_i$ tiene sentido contrario a \vec{B} .

Segundo tramo:

En este caso no hay ε_i por lo que la $i_i = 0A$

Tercer tramo:

Ocurre lo opuesto al primer tramo, el flujo magnético disminuye, la espira genera un campo inducido \vec{B}_i en igual sentido que \vec{B} para contrarrestar la disminución (fig. 32). Aplicando la regla de la mano derecha determinamos que el sentido de la corriente inducida es antihorario.

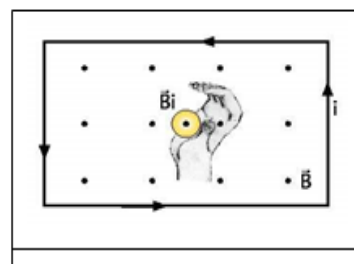


Fig. 32 El flujo disminuye $\Rightarrow \vec{B}_i$ tiene igual sentido que \vec{B} .

Los ejemplos, gráficos y algunas partes del texto (citadas con letras "Times New Roman") fueron extraídos del libro "*La física entre nosotros 4^o*" de los autores Szwarcfiter- Egaña . Ed. Monteverde. Montevideo 2002.