



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



Escuela Superior de Tlahuelilpan

Área Académica: Sistemas Computacionales

Tema: Electricidad y Magnetismo

Profesor(a): Ing. Roberto Mendoza Gálvez

Periodo: Enero – Junio 2012





## Abstract

The electric field is a physical field that is represented by a model describing the interaction between bodies and properties of systems with electrical nature.

The electrical circuit is the path predetermined by the moving electric charges.

The magnetic field is a region of space in which a point electric charge, which moves at one speed, suffers from a force that is perpendicular and proportional to both the speed and the field.

.

**KEYWORDS:** Magnetic field, electric field, electromagnetism, magnetism, electricity.





## Objetivo General del Curso:

Estudiar los elementos básicos, teóricos y prácticos de los fenómenos electrostáticos y electromagnéticos. Plantear su modelo de comportamiento y comprobarlo a través de experimentos sencillos.

## Unidades que comprende el curso:

- [I Campo Electrico](#)
- [II Circuitos Electricos Elementales](#)
- [III Campo Magnético](#)



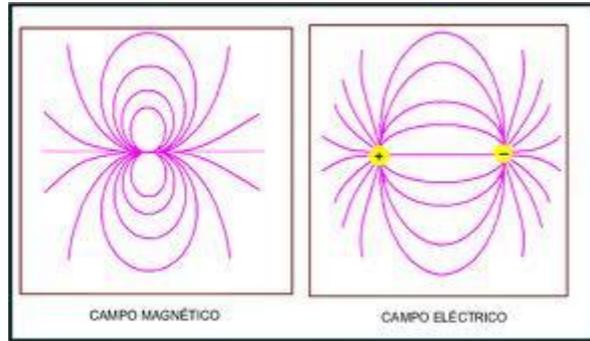
## Introducción:

**El campo eléctrico** es un campo físico que es representado mediante un modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas con propiedades de naturaleza eléctrica.

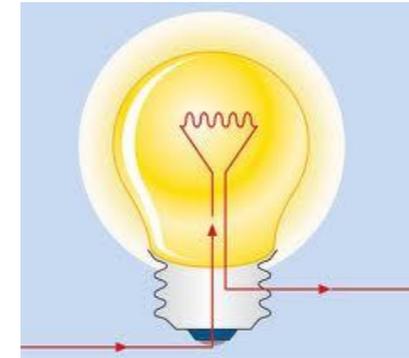
**El circuito eléctrico** es el recorrido preestablecido por el que se desplazan las cargas eléctricas.

**El campo magnético** es una región del espacio en la cual una carga eléctrica puntual, que se desplaza a una velocidad, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como al campo.

**Palabras Clave:** Campo magnético, campo eléctrico, electromagnetismo, magnetismo, electricidad.



Unidad I  
“Campo Eléctrico”



Unidad III  
“Circuitos Eléctricos Elementales”

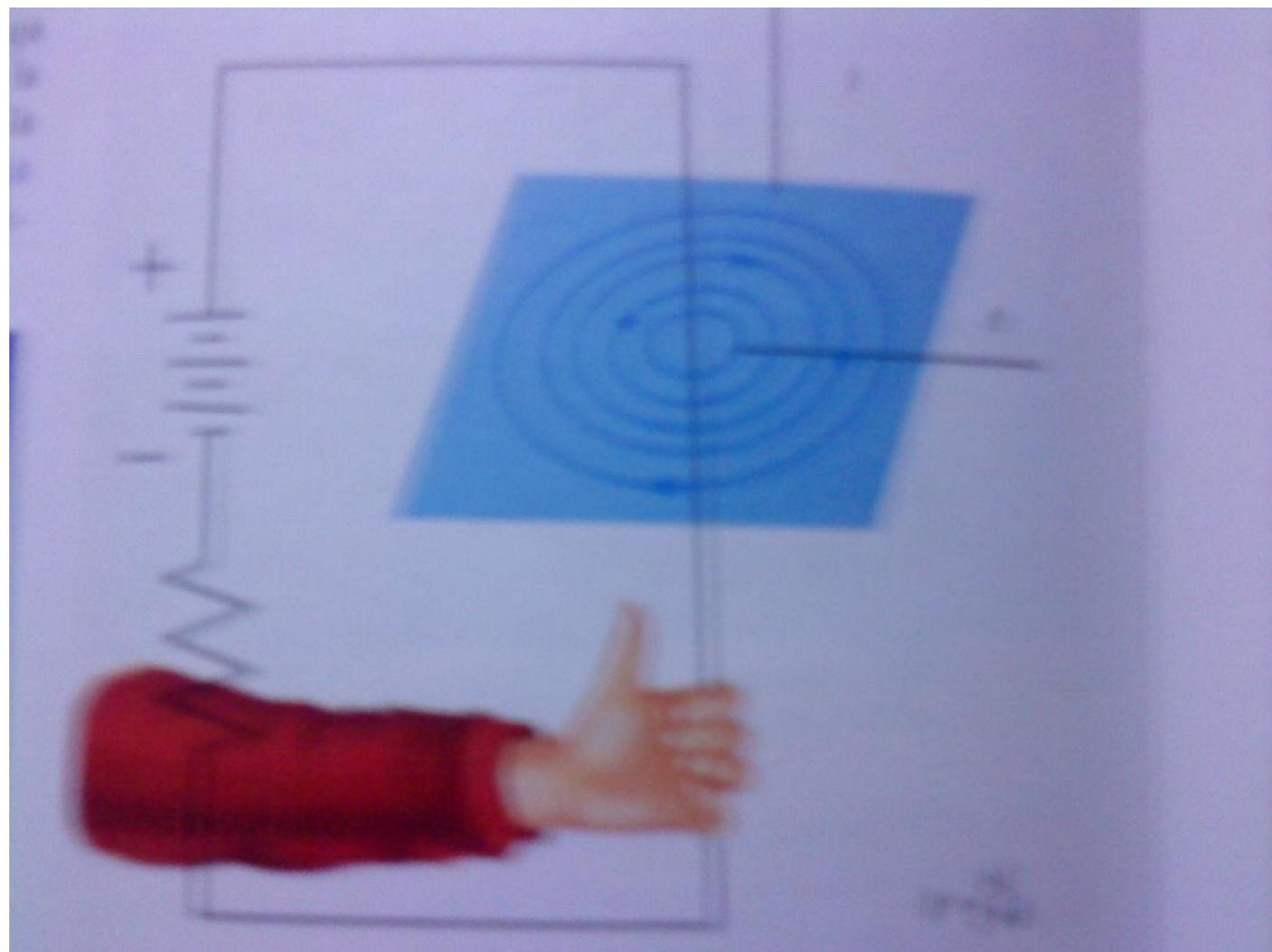


Unidad II  
“Campo Magnético”

Campo magnético  
producido por un  
conductor recto

- Un campo magnético formado por un conductor recto es en el que circula una corriente continua o directa un ejemplo es:
- Cuando se atraviesa el conductor rectilíneo con un cartón horizontal rígido.

- El dedo pulgar de la mano izquierda señala el sentido de la corriente (de negativa a positivo) y los otros de dos el sentido del campo magnético.



- Para determinar cual es el valor de la inducción magnética o densidad de flujo magnético, en una cierta densidad de un conductor recto por la que circula una intensidad de corriente podemos aplicar
- La siguiente expresión matemática:

$$B = \frac{\mu I}{2 \pi d}$$

Donde :

B= inducción magnética y se mide en teslas(T)

U= permeabilidad del medio que lo rodea al conductor de se expresa en Tm/A

I= intensidad de corriente y su unidad es en ampere (A)

d= distancia perpendicular entre el conductor y el punto considerado y se mide en metros(M)

- Cuando el medio que rodea al conductor es no magnético, o aire, la permeabilidad se considera como si se tratara del vacío,

$$\mu = \mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

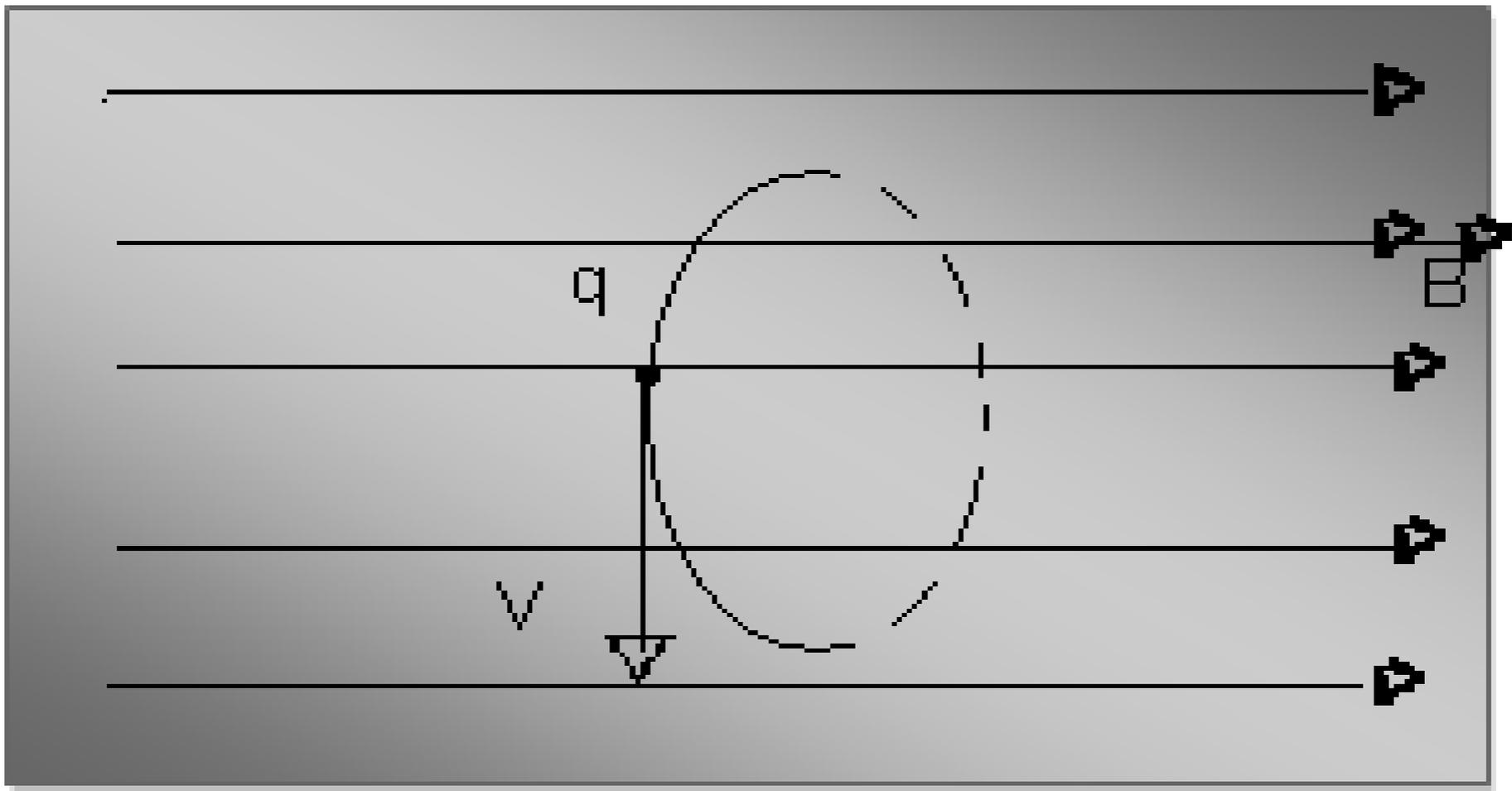
Calcular la inducción o densidad del flujo en el aire, en un punto a 10cm de un conductor recto por el circula una intensidad de corriente de 3A.

FUEZA SOBRE UNA  
CARGA EN MOVIMIENTO  
DENTRO DE CAMPOS  
MAGNETICOS

Todo conductor por el cual circula una corriente eléctrica está rodeado de un campo magnético.

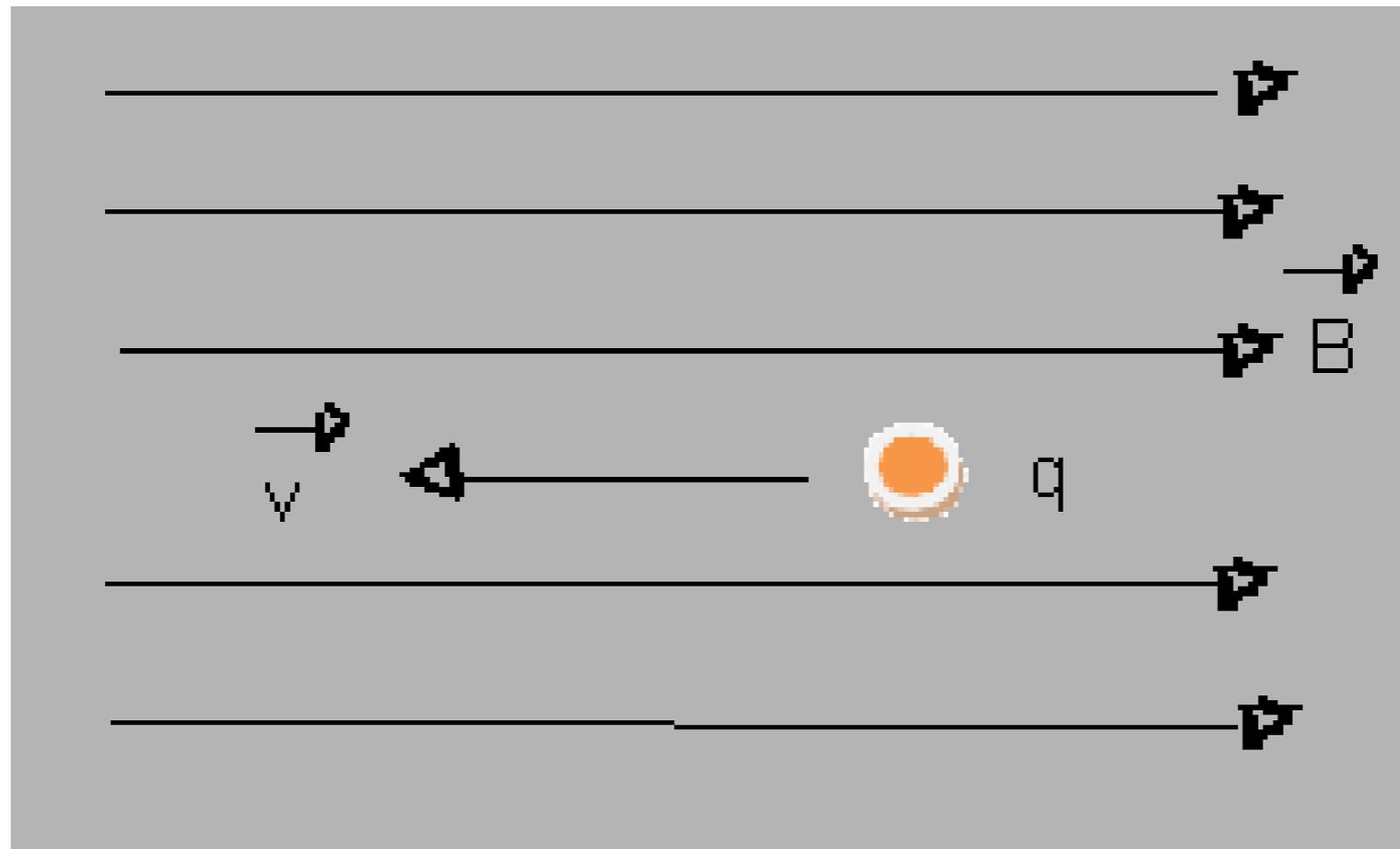
Los campos magnéticos actúan sobre la partícula cargada desviándolas de su trayectoria a consecuencia del efecto de una fuerza magnética llamada fuerza de Ampere.

Cuando una partícula se mueve perpendicularmente a un campo magnético, recibe una fuerza magnética cuya dirección es perpendicular a la dirección de su movimiento y a la dirección de la inducción magnética o densidad de flujo, la partícula se desvía y sigue una trayectoria circular.



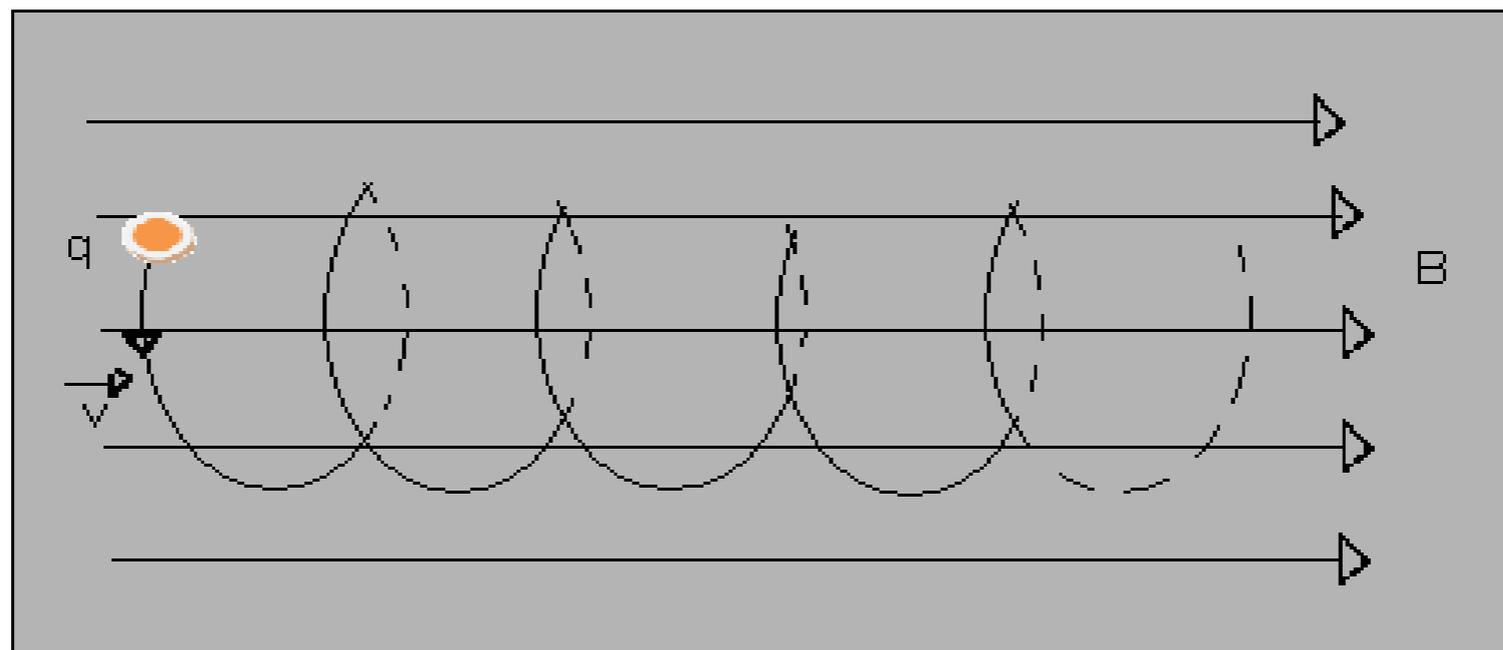
•  $F = qvB$

Cuando una carga se mueve paralelamente las líneas magnéticas del campo , no sufre ninguna desviación.

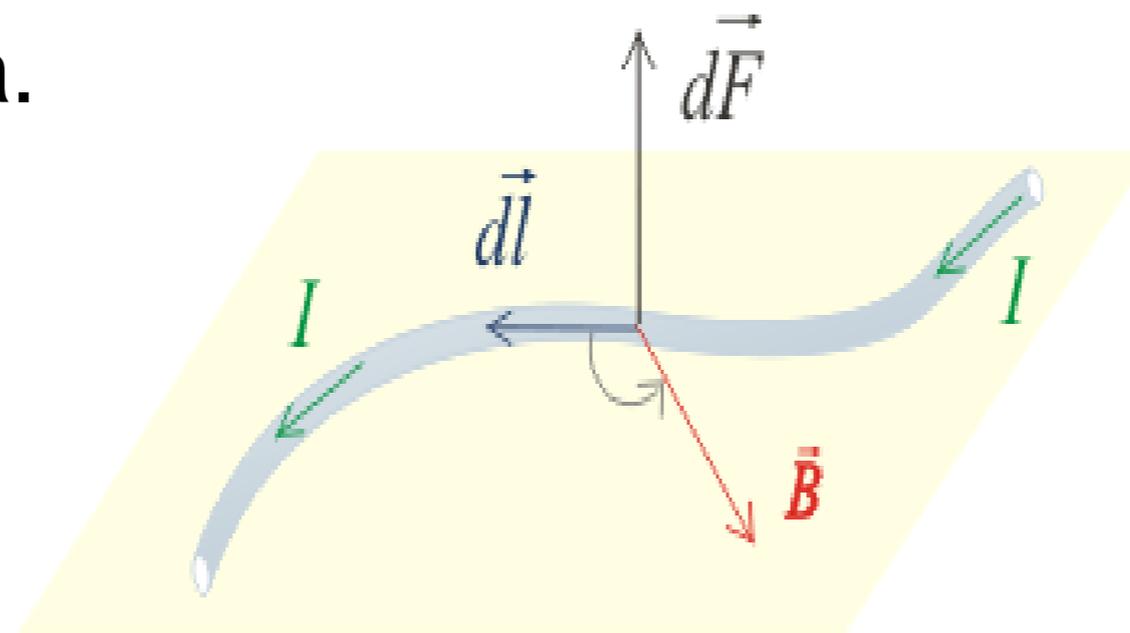


Si la trayectoria de la partícula es en forma oblicua (con una cierta inclinación respecto a la línea de fuerza de un campo magnético.), la partícula cargada se desviara y describirá una trayectoria en forma de espiral.

Cuando la trayectoria del movimiento de la partícula forma un ángulo con la inducción magnética  $B$ , la magnitud de la fuerza recibida por la partícula será proporcional a la componente de la velocidad perpendicular a  $B$ . la fuerza se determina con la expresión:  $F=qvB \sin \Theta$ .



Para determinar la dirección de la fuerza magnética recibida por una carga que se mueve en forma perpendicular a las líneas de fuerza de un campo magnético, se emplea la regla de los tres dedos : los tres primeros dedos de la mano derecha se disponen extendidos perpendicularmente uno respecto al otro, el dedo índice indicara la dirección del campo magnético, el medio representara la dirección de la velocidad con la cual se mueve una carga negativa, es decir, la corriente , y el pulgar señala la dirección de la fuerza magnética que recibe la carga.



# FUEZA SOBRE UN CONDUCTOR POR EL QUE CIRCULA UNA CORRIENTE

Si el conductor se introduce en forma perpendicular a un campo magnético recibirá una fuerza lateral cuyo valor se denomina con la expresión matemática :

$$F=BIL$$

Donde :

F=Valor de la fuerza magnética que recibe el conductor expresada en newton.

B=Inducción magnética medida en tesla(T).

I= intensidad de la corriente eléctrica que circula por el conductor medida en amperes (A).

L= longitud del conductor sumergido en el campo magnético, se expresa en metros (m).

# FUERZA MAGNÉTICA ENTRE DOS CONDUCTORES PARALELOS POR LOS CIRCULA UNA CORRIENTE.

Quando dos cargas eléctricas se mueven en forma paralela interactúan sus respectivos campos y se produce una fuerza magnética entre ellas. La fuerza magnética es de atracción si las cargas se mueven paralelamente son del mismo signo y se desplazan en igual sentido, cuando las cargas son de signo y movimiento contrario la fuerza magnética será de repulsión.



# ***CAMPOS MAGNETICOS.***

*Las bobinas, también llamadas **solenoides**, consisten en un hilo conductor enrollado por el cual se hace circular una corriente eléctrica. En el interior de la bobina se encuentra lo que se llama **núcleo**, que puede estar ocupado por un objeto construido con material férnico o simplemente con aire. Cuando circula corriente eléctrica la bobina crea un campo magnético en su interior y a su alrededor.*



# *CAMPO MAGNETICO DE UNA BOBINA.*

*Si en lugar de una espira se enrolla un alambre de tal manera que tenga un número  $N$  de vueltas, se obtendrá una bobina y el valor de su inducción magnética en su centro será igual a :*

$$***B=N\mu I***$$

***2r*** *B=inducción magnética en teslas (T) .N=número de vueltas o espiras.*

*$\mu$ =permeabilidad del medio en el interior del solenoide en Tm/A*

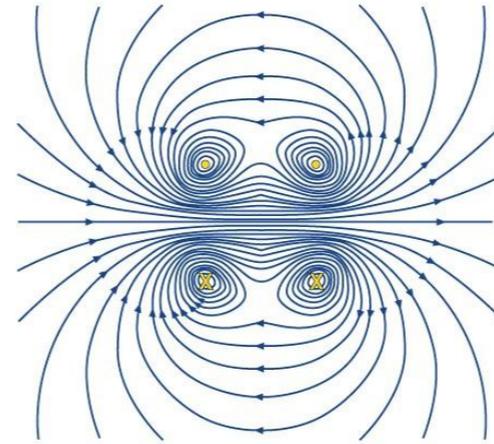
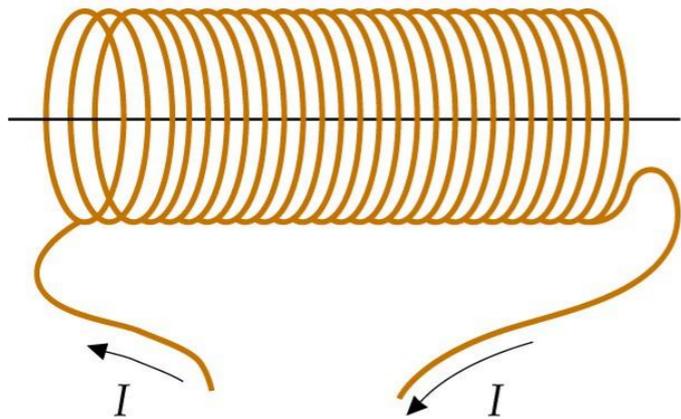
*I=intensidad de la corriente en amperes (A).*

# *CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR UN SOLENOIDE.*

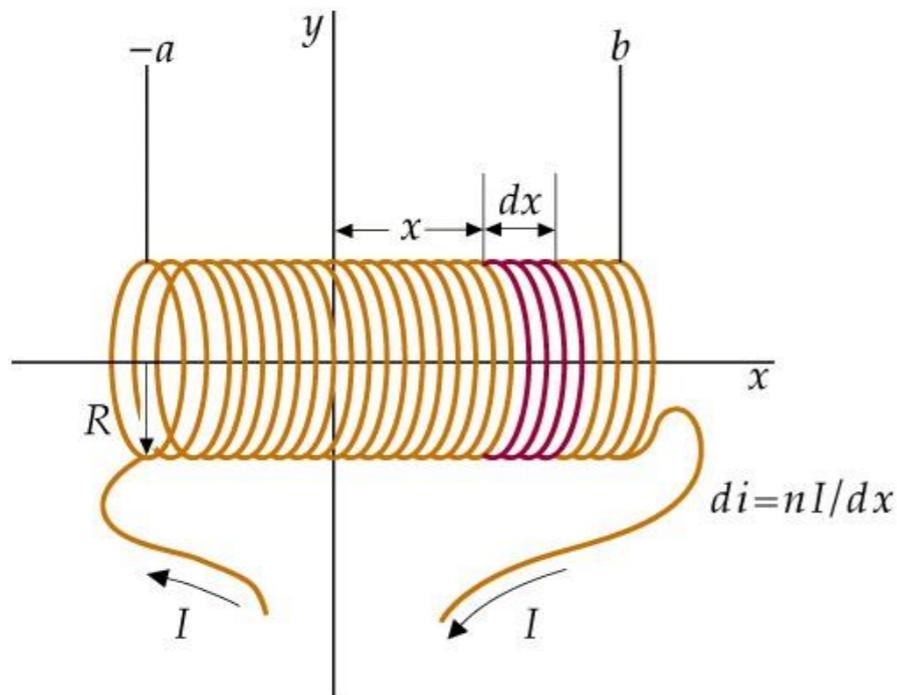
*Un solenoide se obtiene al enrollar un alambre en forma helicoidal (acción llamada devanar). Cuando una corriente circula a través del solenoide, las líneas de fuerza del campo magnético generado se asemejan al campo producido por un imán en forma de barra. En su interior las líneas de fuerza son paralelas y el campo magnético es uniforme.*

# Campo Magnético

## Campo magnético creado por un solenoide



*Líneas de campo debidas a dos espiras que transportan la misma corriente en el mismo sentido*



$$dB_x = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{di(2\pi R^2)}{(x^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2 n I dx}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$B_x = \frac{\mu_0}{4\pi} 2\pi R^2 n I \int_{-a}^b \frac{dx}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$B_x = \frac{1}{2} \mu_0 n I \left( \frac{b}{\sqrt{b^2 + R^2}} + \frac{a}{\sqrt{b^2 + R^2}} \right)$$

# *CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR UN SOLENOIDE.*

*Para determinar cuál es el polo norte de un solenoide se aplica la regla de la mano izquierda en tal forma que los cuatro dedos señalen el sentido en el que circula la corriente eléctrica, y el dedo pulgar extendido señalará el polo norte del solenoide. Para calcular el valor de la inducción magnética o densidad de flujo **B** en el interior de un solenoide se utiliza la expresión matemática:*

**$B = \mu n I$**     donde    **B=inducción magnética en teslas(T).**

**L**

- N=número de vueltas o espiras.
- $\mu$ =permeabilidad del medio en el interior del solenoide en Tm/A
- I=intensidad de la corriente en amperes (A).
- L= longitud del solenoide en metros (m).

# Problemas de la Ley de Biot-Savart.

- 1.- Calcular la inducción magnética o densidad de flujo en aire, en un punto a 10 cm de un conductor recto por el que circula una intensidad de corriente de 3 amperes.

- Datos      Fórmula      Sustitución

- $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$        $B = \frac{12.56 \times 10^{-7} \text{ Tm/A} \times 3 \text{ A}}{2 \times 3.14 \times 0.1 \text{ m}}$

- $B = ?$        $2\pi d$        $2 \times 3.14 \times 0.1 \text{ m}$

- $\mu = \mu_0 = 12.56 \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ .  **$B = 60 \times 10^{-7} \text{ Teslas}$ .**

- $d = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

- $I = 3 \text{ A}$

## ***EJEMPLOS:***

- 2.- Determinar la inducción magnética en el centro de una espira cuyo radio es de 8 cm; por ella circula una corriente de 6 amperes. La espira se encuentra en el aire.
- Datos      Fórmula      Sustitución
- $B=?$        $B= \frac{\mu I}{2r}$        $B=\frac{12.56 \times 10^{-7} \text{ Tm/A} \times 6 \text{ A}}{2 \times 0.08 \text{ m}}$
- $r=8 \text{ cm}=0.08 \text{ m}$        $2r$        $2 \times 0.08 \text{ m}$
- $I= 6 \text{ A}$        $B=4.71 \times 10^{-5} \text{ T}$
- $\mu= \mu_0=12.56 \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$

- 3.- Una espira de 9 cm de radio se encuentra sumergida en un medio cuya permeabilidad relativa es de 15. Calcular la inducción magnética en el centro de la espira si a través de ella circula una corriente de 12 Amperes.

- Datos                      Fórmula      Sustitución

- $r=9\text{cm}=0.09\text{ m}$                        $B=\frac{\mu I}{2r}$                       Cálculo de la

- $\mu_r=15$                        $2r$                       permeabilidad del

- $I=12\text{ A}$                        $\mu=\mu_r\mu_0$                       medio.

- $B=?$

- $\mu=?$                        $\mu =15 \times 12.56 \times 10^{-7}\text{ Tm/A}$

- $\mu_0=12.56 \times 10^{-7}\text{ Tm/A}$                        $\mu=1.9 \times 10^{-5}\text{ Tm/A}$

- $B=\frac{1.9 \times 10^{-5}\text{ Tm/A} \times 12\text{ A}}$

- $2 \times 0.09\text{ m.}$

- $B= 1.27 \times 10^{-3}\text{ T}$

- 4. – Calcular el radio de una bobina que tiene 200 espiras de alambre en el aire por la cual circula una corriente de 5 amperes y se produce una inducción magnética en su centro de  $8 \times 10^{-3}$  Teslas.

- Datos      Fórmula      Sustitución.
- $r=?$        $r=N\mu I$        $r=\underline{200 \times 12.56 \times 10^{-7} \text{ Tm/A} \times 5\text{A}}$
- $N=200$        $2 \text{ B}$        $2 \times 8 \times 10^{-3} \text{ T}$
- $I= 5 \text{ A}$
- $B=8 \times 10^{-3} \text{ T}$        $r=\mathbf{0.078 \text{ m}=7.8 \text{ cm}}$
- $\mu_0=12.56 \times 10^{-7} \text{ Tm/A}.$

- 5.- Un solenoide tiene una longitud de 15 cm y está devanado con 300 vueltas de alambre sobre un núcleo de hierro cuya permeabilidad relativa es de  $1.2 \times 10^4$ . Calcular la inducción magnética en el centro del solenoide cuando por el alambre circula una corriente de 7 miliamperes.

Datos

Fórmula

Sustitución

- $L=15 \text{ cm}=0.15 \text{ m}$        $B=N\mu I$        $B=300 \times 15.1 \times 10^{-3} \text{ Tm/A} \times 7 \times 10^{-3} \text{ A}$

- $N=300$        $L$        $0.15 \text{ m}$

- $\mu_r=1.2 \times 10^4$ .       **$B=2.1 \times 10^{-1} \text{ Teslas.}$**

- $I=7 \times 10^{-3} \text{ A}$        $\mu=\mu_r \mu_0$

- $B=?$       Cálculo de la permeabilidad del hierro.

- $\mu_0=12.56 \text{ Tm/A}$        $\mu=1.2 \times 10^4 \times 12.56 \text{ Tm/A}$

- $\mu=?$        $\mu=15.1 \times 10^{-3} \text{ Tm/A}$

# LEY DE FARADAY.

En 1831 Michael Faraday descubrió las corrientes inducidas al realizar experimentos con una bobina y un imán.

- De acuerdo con los experimentos realizados por Faraday podemos decir que:
- 1.- Las corrientes inducidas son aquellas producidas cuando se mueve un conductor en sentido transversal a las líneas de flujo de un campo magnético.
- 2.- La inducción electromagnética es el fenómeno que da origen a la producción de una fuerza electromotriz (fem) y de una corriente eléctrica inducida, como resultado de la variación del flujo magnético debido al movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético.

- En la actualidad casi toda la energía que se consume en nuestros hogares y en la industria se **obtiene gracias al fenómeno de inducción electromagnética**. Por todo el mundo existen generadores movidos por **agua, vapor, petróleo o energía atómica**, en los cuales enormes bobinas giran entre los polos de potentes imanes y generan grandes cantidades de energía eléctrica.

- Los fenómenos de inducción electromagnética tienen una aplicación práctica invaluable, pues en ellos se fundan los dinamos y los alternadores que transforman la energía mecánica en eléctrica, así como los transformadores, los circuitos radioeléctricos y otros dispositivos de transmisión de energía eléctrica de un circuito a otro.

# Enunciado de la Ley de Faraday.

- Con base en sus experimentos, Faraday enunció la ley del Electromagnetismo: **la fem inducida en un circuito formado por un conductor o una bobina es directamente proporcional al número de líneas de fuerza magnética cortadas en un segundo. En otras palabras: la fem inducida en un circuito es directamente proporcional a la rapidez con que cambia el flujo magnético que envuelve.**

- La ley anterior, en términos de la corriente inducida, se expresa de la siguiente manera: la intensidad de la corriente inducida en un circuito es directamente proporcional a la rapidez con que cambia el flujo magnético.
- La Ley de Faraday se expresa matemáticamente como:  $\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$$\Delta t$$

O bien  $\varepsilon = - \frac{\Phi_f - \Phi_i}{t}$

- Donde  $\varepsilon$  = fem media inducida en volts (V)
- $\Phi_f$  = flujo magnético final en webers (wb)
- $\Phi_i$  = flujo magnético inicial en webers (wb)
- t = tiempo en que se realiza la variación del flujo magnético medido en segundos (seg).
- El signo negativo (-) de la ecuación se debe a la oposición existente entre la fem inducida y la variación del flujo que la produce (Ley de Lenz).

- Cuando se trata de una bobina que tiene N número de vueltas o espiras, la expresión matemática para calcular la fem inducida será:

- $\varepsilon = -N \frac{d\Phi_f - \Phi_i}{dt}$

- $\frac{d}{dt}$

**Al calcular la fem inducida en un conductor recto de longitud L que se desplaza con una velocidad v en forma perpendicular a un campo de inducción magnética B se utiliza la expresión:**

$\varepsilon = B l v$

# Problemas de la Ley de Faraday

- 1.- Una bobina de 60 espiras emplea 0.04 segundos en pasar entre los polos de un imán en forma de herradura desde un lugar donde el flujo magnético es de  $2 \times 10^{-4}$  webers a otro en el que éste es igual a  $5 \times 10^{-4}$  webers. ¿Cuál es el valor de la fem media inducida?

- Datos                      Fórmula      Sustitución

- $N=60$                        $\epsilon = -N \frac{\Phi_f - \Phi_i}{t}$                        $\epsilon = -60(5 \times 10^{-4} \text{ wb} -$

- $t=0.04 \text{ seg}$                        $t$                        $2 \times 10^{-4} \text{ wb})/0.04$

- $\Phi_i = 2 \times 10^{-4} \text{ wb}$                        $\text{seg.}$

- $\Phi_f = 5 \times 10^{-4} \text{ wb}$                        **$\epsilon = -0.45 \text{ Volts}$**

- $\epsilon = ?$

- 2.- Un conductor rectilíneo de 10 cm de longitud se mueve perpendicularmente a un campo de inducción magnética igual a 0.4 teslas con una velocidad de 3 m/seg. ¿Cuál es el valor de la fem inducida?

- Datos                      Fórmula                      Sustitución

- $L=10 \text{ cm}=0.10 \text{ m}$      $\epsilon=BLv$      $\epsilon=0.4 \text{ T} \times 0.10 \text{ m} \times$

- $B=0.4 \text{ Teslas}$      $3 \text{ m/seg}$

- $v=3 \text{ m/seg}$      $\epsilon= \mathbf{0.12 \text{ Volts}}$

- $\epsilon=?$

- 3.- El flujo magnético que cruza una espira de alambre varía de 0.002 wb a 0.004 wb en 0.03 segundos. ¿Qué fem media se induce en el alambre?

- Datos      Fórmula      Sustitución.

- $\Phi_f = 0.004 \text{ wb}$        $\epsilon = -\frac{\Phi_f - \Phi_i}{t}$        $\epsilon = -0.004 \text{ wb} -$

- $\Phi_i = 0.002 \text{ wb}$        $t = 0.002 \text{ wb} / 0.03 \text{ seg}$

- $t = 0.03 \text{ seg}$        $\epsilon = -6.6 \times 10^{-2}$   
**Volts**

- $\epsilon = ?$       **-66 milivolts**

- 4.- Calcular el número de espiras que debe tener una bobina para que al recibir una variación del flujo magnético de  $8 \times 10^{-4}$  webers en 0.03 seg se genere en ella una fem media inducida de 12 volts.

- Datos      Fórmula Sustitución.

- $N=?$                        $N = \frac{\epsilon t}{\Delta\Phi}$        $N = \frac{12 \text{wb/seg} \times 0.03 \text{seg}}{8 \times 10^{-4} \text{wb}}$

- $\Delta\Phi = 8 \times 10^{-4} \text{wb}$                        $\Delta\Phi$                        $8 \times 10^{-4} \text{wb}$

- $t = 0.03 \text{ seg}$                                        **$N = 450 \text{ vueltas}$**

- $\epsilon = 12 \text{ volts}$

- $12 \text{ wb/seg}$

- 5.- Calcular el tiempo necesario para efectuar una variación de  $60 \times 10^{-4}$  Wb en el flujo magnético, al desplazarse una bobina de 500 vueltas entre los polos de un imán en forma de herradura, el cual genera una fem media inducida de 20 volts.

- Datos                      Fórmula Sustitución.

- $t=?$                        $t = -N \frac{\Delta\Phi}{\epsilon}$      $t = \frac{500 \times 60 \times 10^{-4}}{20}$  Wb

- $\Delta\Phi = 60 \times 10^{-4}$  Wb                       $\epsilon$                       20 V

- $N = 500$                        **$t = 0.015$  seg**

- $\epsilon = 20$  V

- 6.- Calcular la velocidad con que se mueve un alambre de 15 cm perpendicularmente a un campo cuya inducción magnética es de 0.35 teslas al producirse una fem media inducida de 0.5 volts.

- Datos                      Fórmula                      Sustitución.

- $v=?$                        $v = \underline{\underline{\epsilon}}$                        $v = \underline{\underline{0.5 \text{ volts}}}$

- $L=15 \text{ cm}=0.15 \text{ m}$                        $BL$                        $0.35 \text{ T} \times 0.15 \text{ m}$

- $B=0.35 \text{ Teslas}$                        $v = \mathbf{9 \text{ m/seg}}$

- $\epsilon=0.5 \text{ V}$

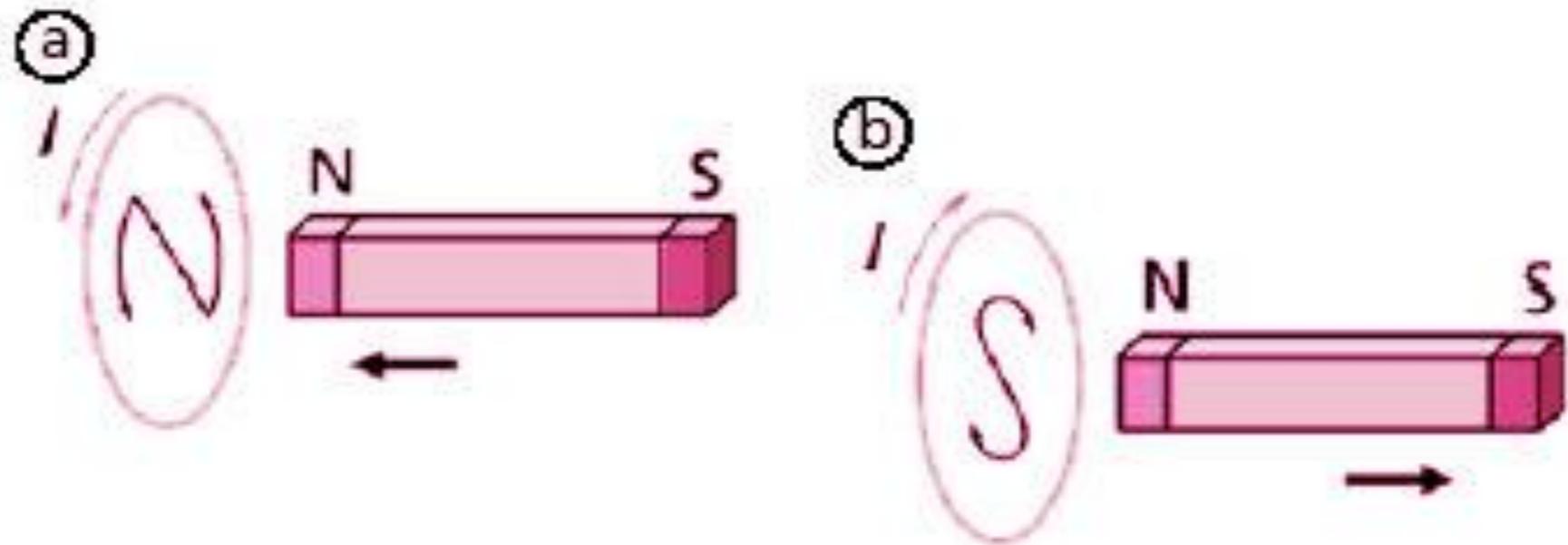


# Ley de lenz

**LA LEY DE LENZ NOS DICE QUE LOS VOLTAJES INDUCIDOS SERÁN DE UN SENTIDO TAL, QUE SE OPONGAN A LA VARIACIÓN DEL FLUJO MAGNÉTICO QUE LAS PRODUJO. ESTA LEY ES UNA CONSECUENCIA DEL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA.**

**LA POLARIDAD DE UN VOLTAJE INDUCIDO ES TAL, QUE TIENDE A PRODUCIR UNA CORRIENTE, CUYO CAMPO MAGNÉTICO SE OPONE SIEMPRE A LAS VARIACIONES DEL CAMPO EXISTENTE PRODUCIDO POR LA CORRIENTE ORIGINAL.**

Según la ley de Lenz, al acercar el imán al circuito se genera una corriente que induce un campo magnético que repele al imán (a). Cuando la barra imantada se aleja (b), la corriente generada engendra un campo que tiende a atraer al imán hacia el circuito.



uniforme a través de un circuito plano viene dado por:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

- donde:
- $\Phi$  = Flujo magnético. La unidad en el SI es el weber (Wb).
- $B$  = Inducción electromagnética. La unidad en el SI es el tesla (T).
- $S$  = Superficie del conductor.
- $\alpha$  = Ángulo que forman el conductor y

Si el conductor está en movimiento el valor del flujo será:

$$d\Phi = B \cdot dS \cdot \cos \alpha.$$

En este caso la **Ley de Faraday** afirma que el  $V_\varepsilon$  inducido en cada instante tiene por

valor:

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

El valor negativo de la expresión anterior indica que el  $V_\varepsilon$  se opone a la variación del flujo que la produce. Este signo corresponde a la ley de Lenz.

Esta ley se llama así en honor del físico germano-báltico **Heinrich Lenz**, quien la formuló en el año **1834**.

# Unificación de las leyes de Faraday y Lenz

Para unir las leyes de Lenz y Faraday en un único principio se define el concepto de espira orientada que es aquella en la que se ha establecido una cara privilegiada, llamada principal o positiva, donde se orienta el vector superficie . Entonces:

La f.e.m. inducida en la espira es positiva cuando la corriente generada tiene el sentido de las agujas del reloj, y negativa en sentido contrario.

El flujo magnético que atraviesa una espira orientada es igual a , siempre que sea el vector representativo de la cara positiva.

**INDUCTANCIA**

- Existen fenómenos de inducción electromagnética generados por un circuito sobre si mismo llamados de inductancia propia o de autoinducción; y los producidos por la proximidad de dos circuitos llamados inductancia mutua

- El fenómeno de la inductancia se debe a que un cambio de corriente en una bobina induce a un fem en ella , el Henry se puede definir en términos de la fem inducida por la unidad de rapidez de cambio de la corriente

Por lo tanto la inductancia equivale a un Henry si la rapidez del cambio de la corriente es de un ampere por un segundo e induce una fem de un volt.

$$L = - \frac{\epsilon}{\frac{\Delta i}{\Delta t}}$$

$$\epsilon = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Donde:

$$L = - \frac{\epsilon}{\frac{\Delta i}{\Delta t}}$$

L= inductancia se expresa en Henry (H)

= fem inductancia media (V)

$\epsilon$

= cambio de corriente amperes (A)

$\Delta i$

i= corriente inductiva

$\Delta t$

= tiempo en que se efectúa el cambio en la corriente (S)

- Para el caso de bobinas largas de sección transversal uniforme la inductancia se calcula con la expresión

$$L = \mu \frac{N^2 A}{l}$$

- Donde:

L = inductancia se mide en (H)

$\mu$  = permeabilidad magnética se mide en webers /ampere –metro (Wb/Am)

N= números de espiras de la bobina

A= área de la sección transversal se mide en ( $m^2$ )

l= longitud de la bobina se mide en (m)

# INDUCTANCIA MUTUA

- Es cuando dos bobinas se colocan una cerca de la otra al pasar una corriente  $i$  por una de ellas, creará un campo magnético cuyo flujo penetrará a través de la otra de tal manera que puede inducir una fem en cada una por el efecto de la otra

$$M = \epsilon_s \frac{\Delta t}{\Delta i_p}$$



# **CIRCUITOS RL (RESISTOR, INDUCTOR)**

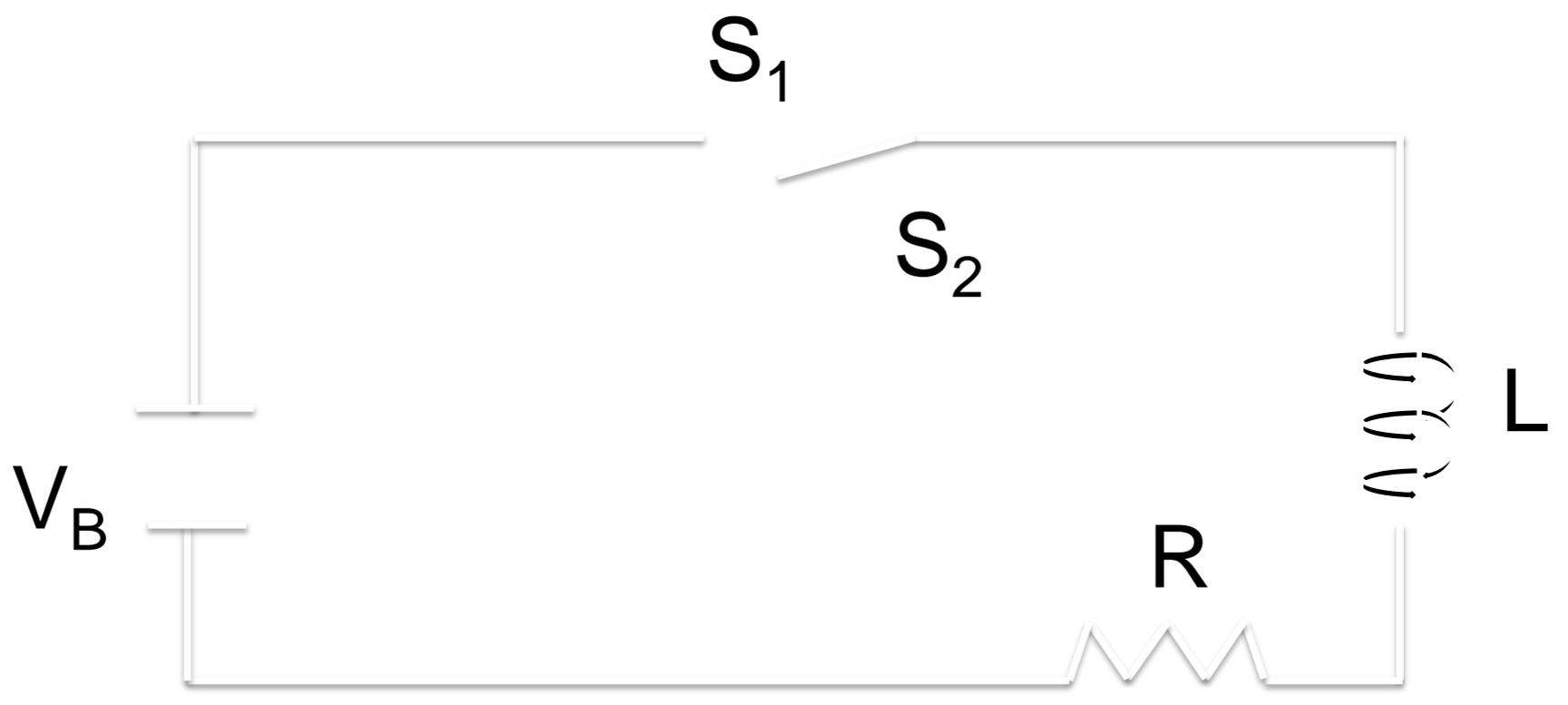
Un inductor es un dispositivo de dos terminales que consiste de un alambre conductor embobinado alrededor de un núcleo. una corriente que fluye a través del dispositivo produce un flujo magnético  $\Phi$  que forman trayectorias cerradas que pasan por las espiras. el flujo total, unido por las N vueltas de la bobina, denotado por  $\Phi_{total}$  es:

$$\Phi_{total} = N \Phi$$

Este flujo total se designa comúnmente como relación de flujo.

La unidad de flujo magnético es el Weber (Wb)

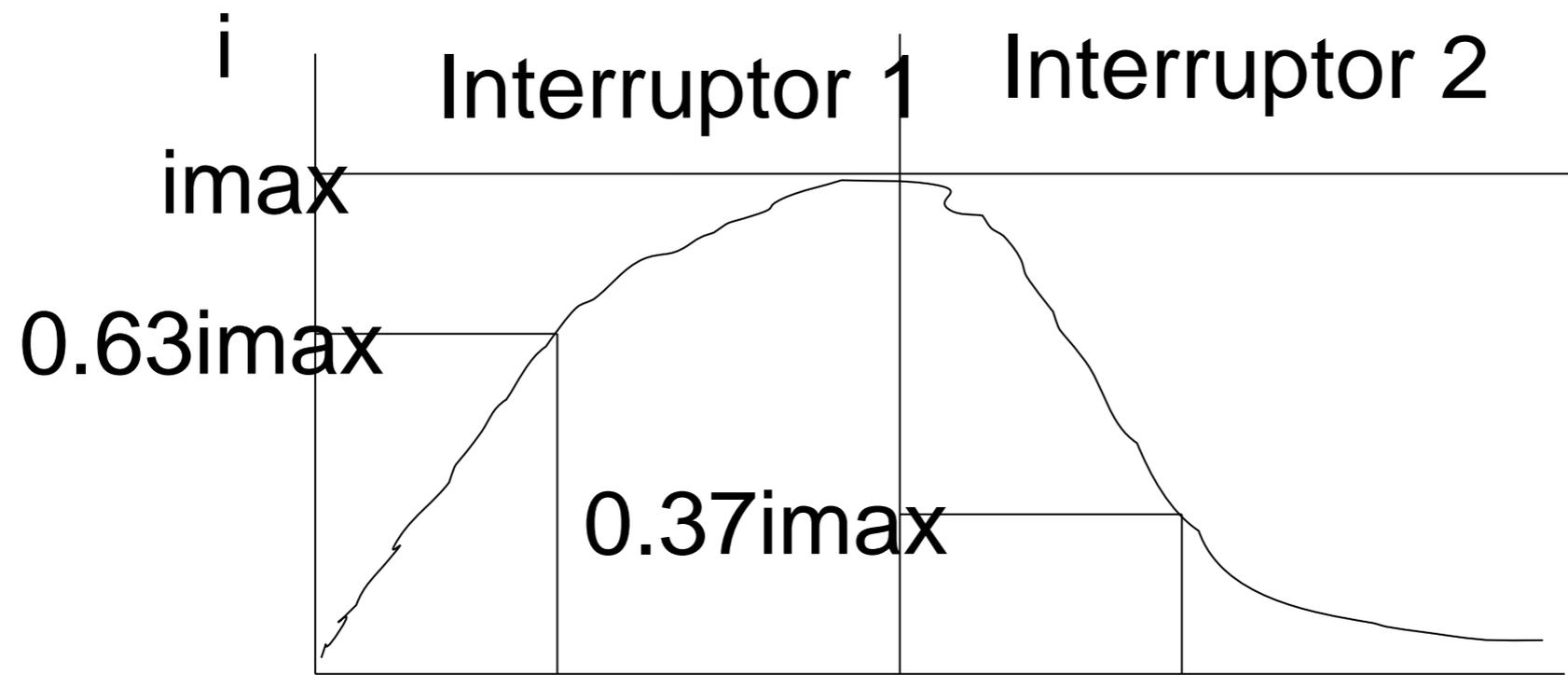
- ▶ La inductancia de una bobina depende de su geometría, del número de espiras, del espaciamiento entre las espiras y de la permeabilidad de su núcleo, pero no de los valores del voltaje y de la corriente. En esta característica, el inductor es similar a los capacitores y a los resistores.
- ▶ Considérese el crecimiento y decaimiento de la corriente en un circuito inductivo (circuito RL). El circuito que se muestra en la figura siguiente, contiene un inductor  $L$ , un resistor  $R$  y una batería  $V_B$ .



- ▶ El interruptor se coloca de tal modo que la batería pueda conectarse y desconectarse alternadamente del circuito. Cuando el interruptor se coloca en la posición  $S_1$ , empieza a fluir una corriente creciente por el circuito. A medida que la corriente aumenta, se establece la fem inducida
- ▶  $-L(\Delta i / \Delta t)$ , en oposición al voltaje de la batería  $V_B$ . La fem neta debe ser igual que la caída de potencial  $iR$  a través del resistor. Por lo tanto:
- ▶  **$V_B - L \Delta i / \Delta t = iR$**
- ▶  **$V_B = iR + L \Delta i / \Delta t$**

- ▶ Un análisis matemático de la ecuación anterior permite demostrar que la elevación de la corriente como función del tiempo se obtiene por medio de:
- ▶  $i = \frac{V_B}{R} (1 - e^{-(R/L)t})$
- ▶  $R$
- ▶ Esta ecuación muestra que la corriente  $i$  es igual a cero cuando  $t = 0$  y que tiene un máximo  $V_B/R$  donde  $t = \infty$ .

- ▶ El efecto de la inductancia, en un circuito es retrasar el establecimiento de esta corriente máxima. La elevación y el decaimiento de la corriente en un circuito inductivo se muestra en la figura siguiente:



Aumento y decaimiento de la corriente en un inductor

- ▶ La constante de tiempo para un circuito inductivo es:
- ▶  $\tau = \frac{L}{R}$
- ▶  $R$
- ▶  $\tau$  está en segundos, cuando L se expresa en henrys y R en Ohms. Si se introduce este valor en la penúltima ecuación, se puede demostrar que:
- ▶ En un circuito inductivo, la corriente se elevará al 63% de su valor final en una constante de tiempo (L/R).

- ▶ Después de que la corriente que se ilustra en la primera figura, ha alcanzado un valor estacionario, si el interruptor se mueve a la posición  $S_2$ , la corriente decaerá exponencialmente, como se aprecia en la figura anterior. La ecuación que permite expresar el decaimiento es:
  - ▶  $i = \frac{V_B}{R} e^{-(R/L)t}$
  - ▶  $R$
- ▶ La sustitución de  $L/R$  en la ecuación anterior, muestra que:
- ▶ En un circuito inductivo, la corriente decae al 37% de su valor inicial en una constante de tiempo ( $L/R$ ).
- ▶ Una vez más, por razones prácticas se considera que el tiempo de elevación o decaimiento para un inductor es cinco veces la constante de tiempo ( $5 L/R$ )

# PROBLEMAS DE CIRCUITOS RL.

- ▶ 1.- Un circuito de corriente alterna en serie, contiene un inductor de 4 mH y un resistor de 80  $\Omega$ , con una batería de 12 Volts. ¿Cuál es la constante de tiempo para este circuito? ¿Cuáles son su corriente inicial y su corriente final?

- ▶ Datos

Fórmulas

- ▶  $L = 4 \times 10^{-3} \text{ H}$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

$$R$$

$$i = \frac{V_B}{R} (1 - e^{-(R/L)t})$$

$$R$$

- ▶  $R = 80 \Omega$

Sustitución y resultado:

- ▶  $V_B = 12 \text{ V}$

$$\tau = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ H}}{80 \Omega} = 50 \mu\text{seg} = 50 \times 10^{-6} \text{ seg}$$

- ▶  $\tau = ?$

$$80 \Omega$$

- ▶  $i_0 = ?$

$$i_0 = 0$$

- ▶  $i_f = ?$

$$i_f = \frac{12 \text{ V}}{80 \Omega} (1 - 2.7184^{50 \times 10^{-6} \text{ seg}})$$

$$80 \Omega$$

$$i_f = 150 \text{ mA.}$$

- ▶ 2.- Un inductor de 5 mH, un resistor de 160  $\Omega$  y una batería de 50 V, están conectadas en serie. ¿Cuánto tiempo se requiere para que la corriente del inductor alcance el 63% de su valor en estado estacionario? ¿Cuál es la corriente en ese instante?

- ▶  $\tau = \frac{L}{R} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ H}}{160 \Omega} = 31.2 \times 10^{-6} \text{ seg.}$

- ▶  $R = 160 \Omega \quad 31.2 \mu\text{seg.}$

- ▶  $i = \frac{V_B}{R} e^{-(R/L)t} = \frac{50 \text{ V}}{160 \Omega} (2.7184)^{-31.2 \times 10^{-6} \text{ seg.}}$

- ▶  $R = 160 \Omega$

- ▶  $i = 312.5 \text{ mA}$

▶ 3.- Un circuito de corriente alterna contiene un inductor de 0.05 H, un resistor de 40  $\Omega$  y una fuente de fem de 90 V. ¿Cuáles son la corriente máxima del circuito y la constante de tiempo?

▶  $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0.05 \text{ H}}{40 \Omega} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ seg}$

▶  $\tau = 1.25 \text{ mseg.}$

▶  $i = \frac{V_B}{R} (1 - e^{-(R/L)t})$

▶  $R$

▶  $i = \frac{90 \text{ V}}{40 \Omega} (1 - 2.7184^{-1.25 \times 10^{-3} \text{ seg}}) = 577.7 \times 10^{-6} \text{ A}$

▶  $577.7 \mu\text{A.}$

## BIBLIOGRAFIA

- WIKIPEDIA
- FISICA TOMO II SERWAY