

# Tutorial de Laboratorio de Física II para QB

**Webpage: <http://paginas.fisica.uson.mx/qb>**

**©2018 Departamento de Física  
Universidad de Sonora**

# Practica 8 : Ley de Inducción de Faraday

Objetivo:

- 1.- Estudiar la ley de inducción de Faraday

# Conceptos básicos requeridos

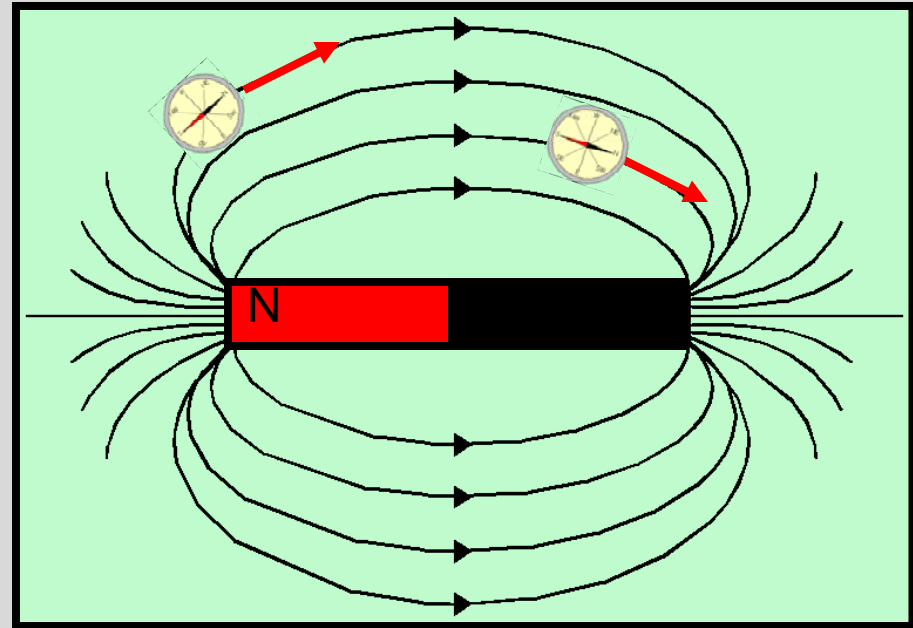
Campo magnético:

- 1.- Líneas de campo magnético
- 2.- Flujo magnético
- 3.- Corriente inducida o Fem en un conductor
- 4.- ley de Lenz
- 5.- Ley de Faraday

# Líneas de campo magnético

Las líneas de campo magnético se pueden describir al imaginar una pequeña brújula colocada en puntos cercanos.

La dirección del campo magnético **B** en cualquier punto es la misma que la dirección que indica esta brújula.



El campo **B** es fuerte donde las líneas son densas y débil donde las líneas están esparcidas.

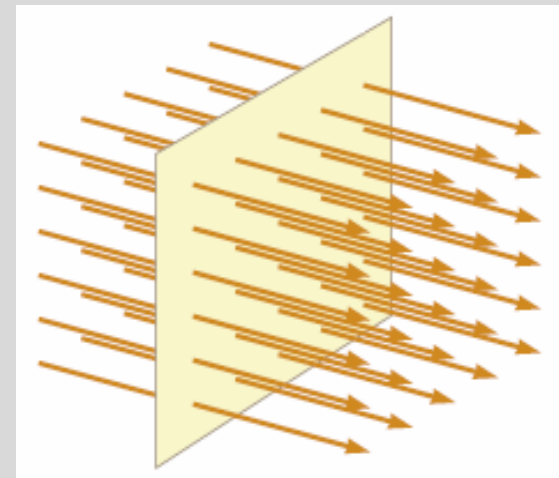
# El magnetismo. Líneas de campo magnético y flujo magnético.

## Flujo magnético.

Como vimos anteriormente, el campo magnético puede ser descrito *cualitativamente* mediante el uso de líneas de campo; sin embargo, ha llegado el momento de hacerlo *cuantitativamente*, para ello es preciso definir el concepto de *flujo magnético* ( $\phi_B$ )

Para tener una idea más clara del concepto de flujo, consideremos la figura siguiente:

Las líneas de campo  $B$  penetran una superficie rectangular de área  $A$  perpendicular a tales líneas; considerando que el número líneas es proporcional a la magnitud de  $B$ , se tiene que el número de líneas que atraviesan la superficie es proporcional al producto  $BA$ .



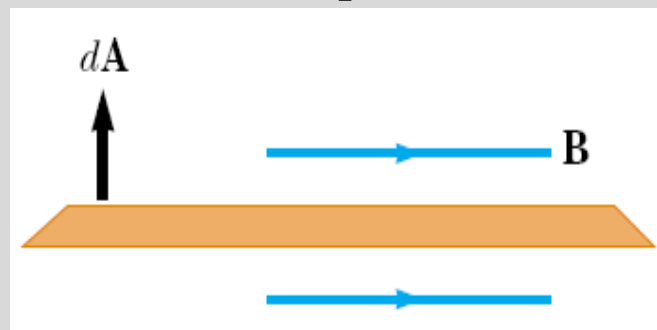
# El magnetismo. Líneas de campo magnético y flujo magnético.

Si tomamos en cuenta la existencia de un ángulo entre el campo magnético  $\mathbf{B}$  y la superficie (plana)  $d\mathbf{A}$ , podemos escribir el flujo magnético a través de dicha superficie como

$$d\Phi_B = B \cos\theta dA$$

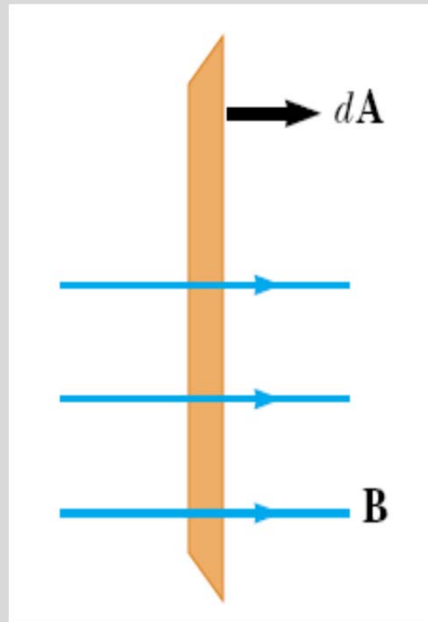
A partir de aquí podemos considerar, como ejemplo, dos casos:

(1) campo magnético perpendicular al vector normal a la superficie (con lo que  $\theta=90^\circ$ ). En este caso, dado que  $\cos 90^\circ=0$ , se tiene que el flujo magnético es nulo.



## El magnetismo. Líneas de campo magnético y flujo magnético.

(2) campo magnético paralelo al vector normal a la superficie (con lo que  $\theta=0^0$ ). En este caso, dado que  $\text{Cos } 0^0=1$ , tenemos un flujo magnético máximo ( $\Phi_{B \text{ max}}=BdA$ ).



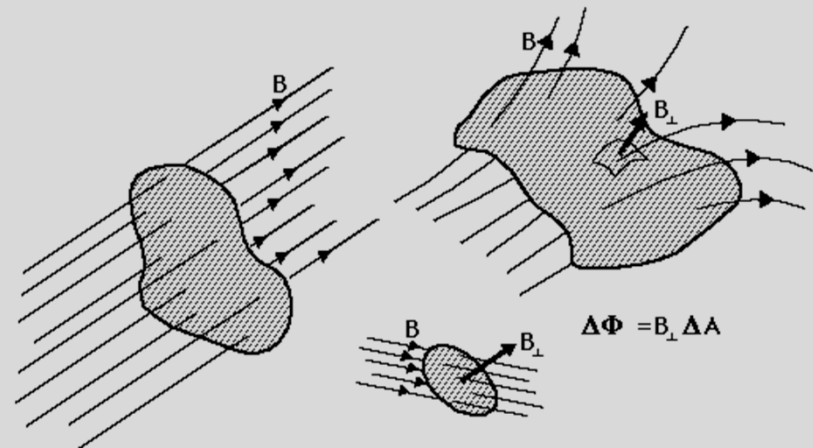
Lo anterior implica que el flujo magnético se encontrará entre  $- BdA$  y  $BdA$ , ya que el valor de  $\text{Cos } \theta$  se ubica entre -1 y 1.

Este producto de la magnitud de  $B$  y el área  $A$  de la superficie perpendicular al campo es llamado **flujo magnético** ( $\Phi_B$ ), es decir

$$\Phi_B = BA$$

En el SI la unidad de flujo magnético es  $T \cdot m^2$ , que se define como *weber* ( $1Wb=1T \cdot m^2$ ).

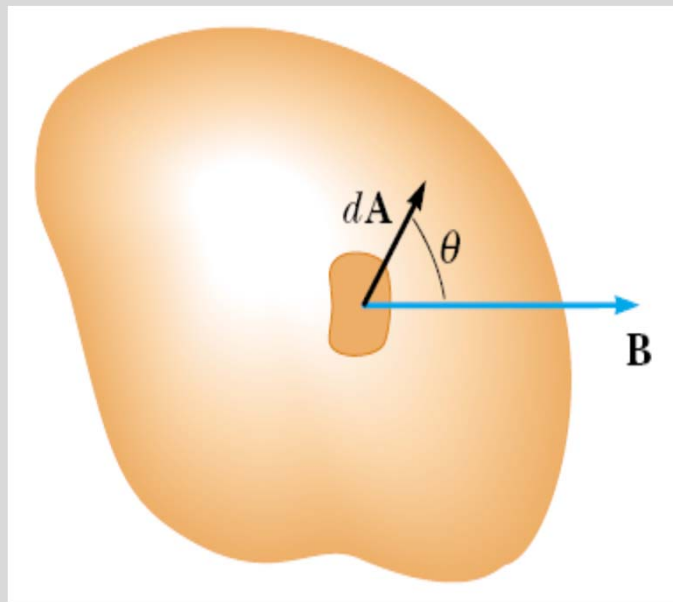
*El flujo magnético es proporcional al número de líneas de campo magnético que penetran una superficie arbitraria perpendicular al propio campo  $B$ .*





# El magnetismo. Líneas de campo magnético y flujo magnético.

¿Qué sucede si la superficie es irregular? Para responder esta pregunta, consideremos, en vez de una superficie de área  $A$ , un diferencial de la misma superficie, a saber  $dA$ , tal como se muestra en la figura siguiente:



En este caso, el flujo magnético a través de un elemento diferencial de área  $dA$  es

$$\mathbf{B} \cdot d\mathbf{A},$$

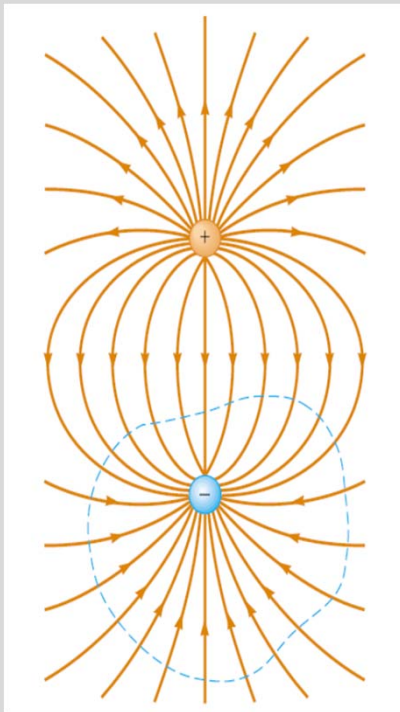
donde  $d\mathbf{A}$  es un vector perpendicular a la superficie y con magnitud  $dA$ .

De tal forma que el flujo magnético total a través de la superficie está dado por

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

# El magnetismo. Flujo magnético y ley de Gauss en el magnetismo.

Cuando estudiamos el campo eléctrico, relacionamos el flujo eléctrico a través de una superficie cerrada con la carga neta encerrada por dicha superficie, a esta relación la llamamos Ley de Gauss.

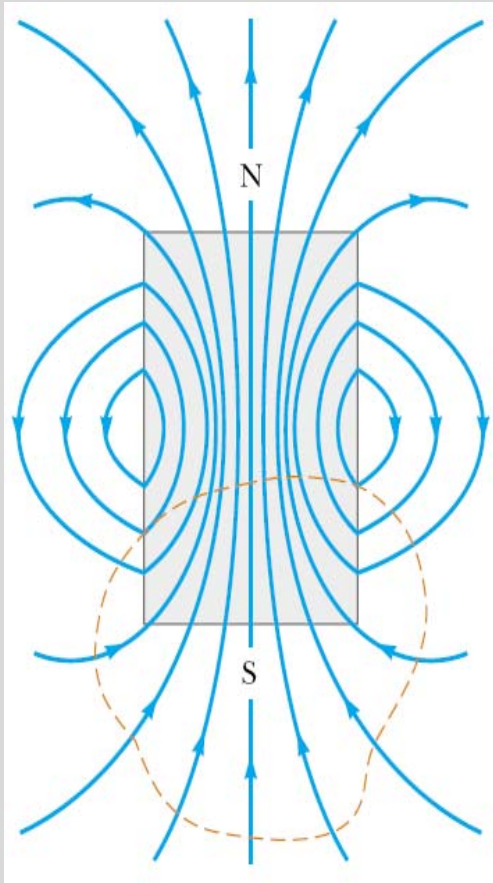


$$\Phi_E = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q_{\text{in}}}{\epsilon_0}$$

Por ejemplo, las líneas de campo eléctrico alrededor de un dipolo eléctrico inician en la carga positiva y terminan en la carga negativa.

En este caso, el flujo eléctrico a través de una superficie que encierre a una de las cargas NO es cero. ¿Porqué?

# El magnetismo. Ley de Gauss en el magnetismo.



En el caso del magnetismo, también podemos aplicar la Ley de Gauss a una superficie cerrada.

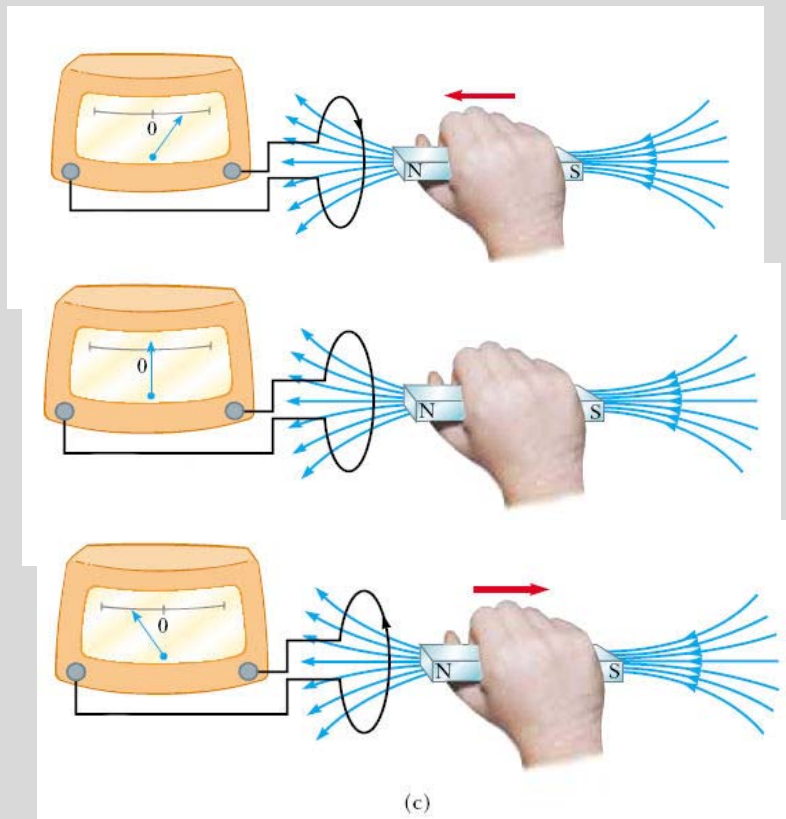
En este caso, la ley de Gauss establece que **el flujo magnético neto a través de cualquier superficie cerrada siempre es cero**, es decir

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

Las líneas de campo magnético de una barra imantada forman trazos cerrados. Nota que el flujo magnético neto a través de una superficie cerrada alrededor de uno de los polos (o cualquier otra superficie cerrada) es cero, lo cual es evidente al notar que el número de líneas que entran es igual al de líneas que salen.

# Ley de inducción de Faraday

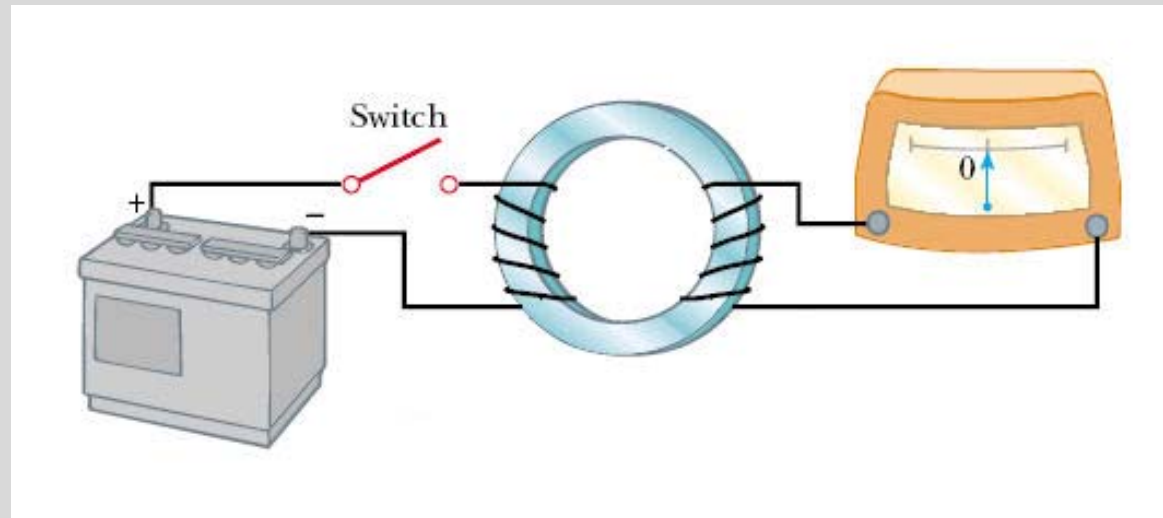
Experimentalmente se encuentra que (la variación del flujo de) un campo magnético induce una corriente en una espira cerrada, como se muestra en las siguientes figuras.



Es importante notar que no es necesaria la existencia de una batería para producir una corriente en la espira, por lo que se dice que tenemos una *corriente inducida* en la espira como producto de la presencia de un flujo magnético

# Ley de inducción de Faraday

También se encuentra que si colocamos dos espiras cercanas, una de ellas conectada a una batería y la otra a un galvanómetro, al momento de cerrar el circuito hay un registro en el galvanómetro, pero ese desaparece hasta que se abre el circuito.



De nuevo, en la espira secundaria NO hay conectada una batería para producir una corriente en la espira, por lo que se dice que tenemos una *corriente inducida* en la espira como producto de la presencia de un flujo magnético, en este caso, producido por la corriente en la espira primaria.

# Ley de inducción de Faraday

Como resultado de estas observaciones, Faraday concluyó que “es posible inducir una corriente eléctrica en un circuito mediante variaciones en (el flujo de) el campo magnético”.

En general, es costumbre enunciar la Ley de Faraday en términos de una fuerza electromotriz (*fem*)  $\mathcal{E}$ , en vez de una corriente.

Con lo anterior, establecemos que “*la fem inducida en una espira es proporcional al cambio temporal del flujo magnético  $\phi_B$  a través de ella*”, lo que se escribe como

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

donde  $\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$  es el flujo magnético a través de la espira, que se calcula en cada punto considerando el producto escalar entre el campo magnético  $\mathbf{B}$  y un vector  $d\mathbf{A}$  que tiene como magnitud  $dA$  y dirección perpendicular a la superficie delimitada por la espira.

# Ley de inducción de Faraday

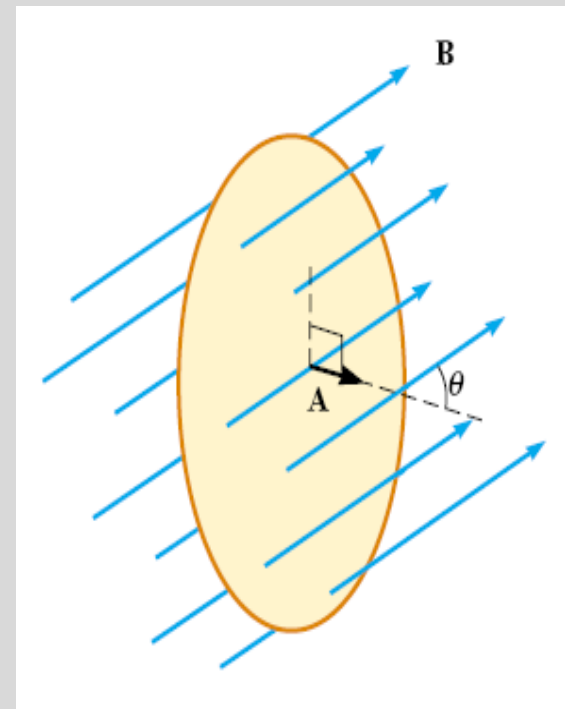
Si en vez de tener una espira, tenemos una bobina formada por  $N$  espiras (todas de la misma área) podemos generalizar la Ley de inducción de Faraday como

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

Para el cálculo del flujo magnético a través de la espira, podemos considerar el esquema anexo.

En este caso, el flujo magnético resulta ser  $BA \cos \theta$ , lo que permite escribir a la ley de inducción de Faraday como

$$\mathcal{E} = -\frac{d}{dt} (BA \cos \theta)$$



# Ley de inducción de Faraday

Retomando esta última expresión, a saber

$$\mathcal{E} = -\frac{d}{dt} (BA \cos \theta)$$

Podemos advertir que se induce una corriente en una espira (o bobina) mediante:

1. una variación temporal de la magnitud de campo magnético B, o
2. una variación temporal del área encerrada por la espira, o
3. una variación temporal entre la dirección del campo magnético B y la normal a la espira, o
4. una combinación de cualquiera de ellas.



# Practica 8 : Ley de Inducción de Faraday

**Objetivo.** Estudiar la ley de inducción de Faraday.

Materiales.

1. Una bobina de 400 vueltas y otra de 800 vueltas.
2. Un transformador de 6.3 Volts y 300 miliamperes.
3. Un multímetro digital.
4. Un galvanómetro con escala centrada. Si no existe galvanómetro, sus funciones pueden ser realizadas por el multímetro.
5. Un osciloscopio. Si no se tiene este aparato, la práctica se puede realizar sin él.
6. Una barra magnética.
7. Fuente de corriente o voltaje directo (DC).
8. Cuatro cables para conexión.
9. Una brújula.
10. Una fuente de voltaje alterno (AC), que puede ser un transformador que baje el voltaje de 120 volts a 6 volts.