



UD 3 INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

3.1 CAMPO MAGNÉTICO

3.1.1 Magnetismo natural

Desde muy antiguo es conocida la curiosa propiedad del *imán natural o magnetita* (mineral de hierro integrado, fundamentalmente, por Fe_3O_4) de atraer pequeños trozos de hierro o acero.

Posteriormente se observó que algunos metales, particularmente el hierro y el acero, podían transformarse en imanes obteniéndose de esta manera los *imanes artificiales*.

Nuestro planeta se comporta como un gigantesco imán natural, lo que permitió el desarrollo de la *brújula*: una pequeña aguja imantada que se mueve libremente y señala siempre en la misma dirección, según los polos magnéticos del planeta.

Del estudio de los imanes se deducen las siguientes propiedades:

Características de los imanes

- Todo imán presenta máxima atracción o repulsión en los extremos, denominados *polos magnéticos*, denominados **polo norte N** y **polo sur S** y nula en la parte media, o zona denominada como línea neutra. **Fig. 7.1 pág. 152**
- Si enfrentamos polos del mismo nombre se repelen y si son de nombre distinto se atraen.
- Es imposible obtener polos magnéticos aislados. *No existen monopolos magnéticos.*

Experiencias posteriores de Oersted y Faraday demostró la íntima relación que hay entre magnetismo y electricidad:

Relación entre magnetismo y electricidad

- *Las corrientes eléctricas se comportan como imanes:*
Experiencia de Oersted **Fig. 7.1 pág. 152**
- *Imanes en movimiento (campos magnéticos variables) generan corrientes eléctricas:*
Experiencia de Faraday **Fig. 8.1 y 8.2 pág. 175**

Esto nos permite hacer las siguientes afirmaciones:

1. *Cargas eléctricas en movimiento producen fuerzas magnéticas: el magnetismo es consecuencia de la carga eléctrica y el movimiento.*
2. Un electrón girando en torno al núcleo se comporta como un imán (es una corriente eléctrica). Tiene polo norte y sur, asociados a su sentido de giro.
3. Un átomo se comporta como un pequeñísimo imán, denominado *dipolo magnético*.



Clasificación de las sustancias según su comportamiento magnético

- **No imantada:** No siente fuerzas por el imán. Fig. 7.3a pág. 153
- **Ferromagnética:** fuertemente atraídas por el imán Fig. 7.3b, 7.4 y 7.5 pág. 153
- **Paramagnética:** débilmente atraídas por el imán
- **Diamagnética:** débilmente repelidas por el imán

Actividad 1 Actividades 3 a 5 pág. 153

3.1.2 Campo magnético

CAMPO MAGNÉTICO

Decimos que *existe un campo magnético en una región del espacio si una carga de prueba que se mueve con una cierta velocidad al entrar en dicha región es desviada lateralmente por una fuerza.*

Llamamos **inducción del campo magnético B** en un punto a la fuerza que actúa sobre la unidad de carga positiva que se mueve a una velocidad de 1 m/s en dirección perpendicular al campo.

El campo magnético se caracteriza por la fuerza que siente una carga cuando se mueve en su interior:

Propiedades del campo magnético:

- Su unidad es el **Tesla T** o Weber/m² (Wb/m²). Un tesla es la inducción de un campo magnético que ejerce una fuerza de 1 N cuando una carga de 1 culombio se mueve en su seno a una velocidad de 1 m/s perpendicular al campo magnético.
- Su intensidad se llama inducción de campo magnético.
- La fuerza magnética que sienten las cargas en movimiento en el seno del campo es proporcional a la carga y a su velocidad.
- Si la velocidad de la partícula es paralela al campo ésta no siente ninguna fuerza.
- La fuerza magnética es perpendicular al vector velocidad y al vector inducción del campo magnético.
- La fuerza magnética es proporcional al seno del ángulo que forman el vector inducción magnética y el vector velocidad de la carga que se mueve.
- La fuerza magnética sobre una carga negativa es la misma que la que actúa sobre otra carga positiva igual y que se mueve con la misma velocidad pero **tiene sentido opuesto**.
- Es un campo **no conservativo, no realiza trabajo**.
- Depende del medio en el que se encuentra, que influye a través de una magnitud llamada **permeabilidad magnética** del medio μ .

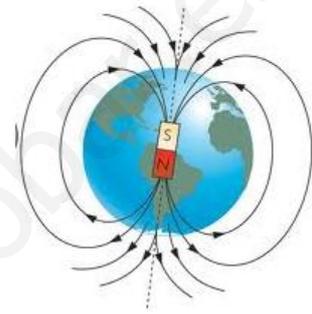
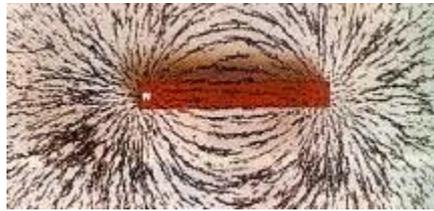
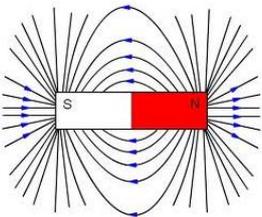


3.1.3 Líneas del campo magnético

Las líneas del campo magnético indican la dirección del campo magnético las fuerzas magnéticas y visualizan el campo, *ya que los cuerpos imantados tienden a orientarse en la dirección perpendicular a estas fuerzas magnéticas.*

Características de las líneas del campo magnético

- **Indican la dirección y sentido del vector inducción magnética B .**
- Son **perpendiculares** a las fuerzas que sienten las cargas que se mueven en su seno.
- Se pueden ver espolvoreando limaduras de hierro en el seno del campo magnético.
- Son **líneas cerradas**.
- **Salen del polo norte y llegan al polo sur.** Fig. 7.10 pág. 155



Líneas de fuerza en un imán recto y en el campo magnético terrestre

3.2 CAMPOS MAGNÉTICOS Y CARGAS EN MOVIMIENTO

Ley de Lorentz

La fuerza F que siente una carga q que se mueve en un campo magnético B es:

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

producto vectorial

Ley de Lorentz

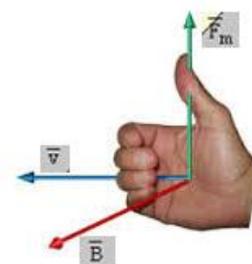
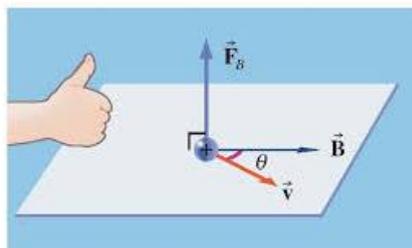
Fuerza magnética carga velocidad campo magnético

F es un vector:

- Perpendicular a v y B .
- Su módulo es $F = qvB\sin\theta$
- Su sentido viene dado por la regla de la mano derecha

Fig. 7.25 pág. 161

FÍJATE BIEN





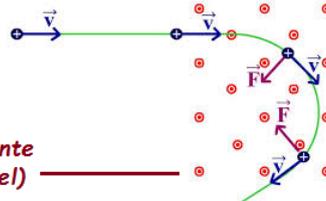
Movimientos de cargas en el seno de campos magnéticos uniformes

En general *el tipo de movimiento dependerá de la dirección y sentido de los vectores implicados.*

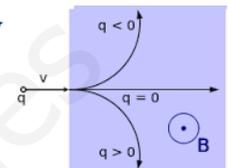
1. Si el campo magnético uniforme y el vector velocidad *son paralelos el movimiento es un MRU*, pues la fuerza magnética es cero.
2. Si el campo magnético uniforme y el vector velocidad *son perpendiculares el movimiento es circular uniforme, MCU*. La fuerza magnética es constante (qvB) y su dirección es perpendicular a v , originando una fuerza resultante que es una fuerza centrípeta.



Fig. 7.30 pág. 162



FÍJATE BIEN



Diferencia entre carga positiva y negativa

Fig. 7.24 pág. 160

Ejemplo 1 Ejemplos 1 de la pág. 155 y 4 de la pág. 161.

Ejemplo 2 Ejemplo 5 de la pág. 163.

Actividad 2 Actividades 10 y 11 de la página 161.

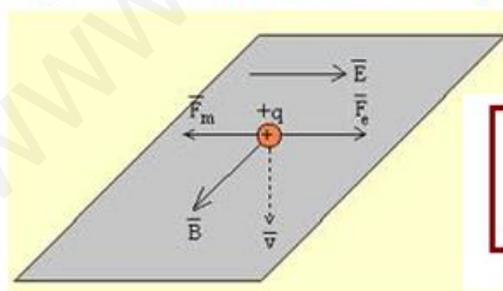
Actividad 3 Actividades 1, 2, 3, 4, 6 y 7 de la página 170.

Actividad 4 Actividades 13 y 14 de la página 164.

Movimientos de cargas en el seno de campos magnéticos y eléctricos uniformes

Cuando una carga penetra en una región del espacio donde hay un campo eléctrico y magnético, la fuerza resultante es la suma de la fuerza eléctrica y magnética y se cumplirá que:

Fuerza sobre una carga en movimiento
en presencia de un campo eléctrico y magnético



$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

Electric force Magnetic force

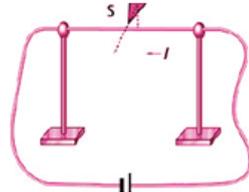
El tipo de movimiento resultante dependerá del valor y dirección de ambas fuerzas.

Ejemplo 3 Un electrón es lanzado a una velocidad de 2.000 km/s paralelamente a las líneas de un campo eléctrico uniforme de 5.000 V/m. Halle la distancia recorrida por el electrón en el seno del campo eléctrico y el valor, dirección y sentido del campo magnético que debemos aplicar para que el electrón siga un MRU.



3.3 FUENTES DEL CAMPO MAGNÉTICO

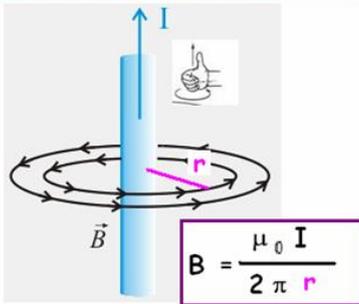
Llamamos fuentes del campo magnético a los agentes que origina un campo magnético. La experiencia de Oersted demostró que el campo magnético es originado por una carga en movimiento. **Las cargas en movimiento (corrientes eléctricas) generan campos magnéticos**



Experiencia de Oersted

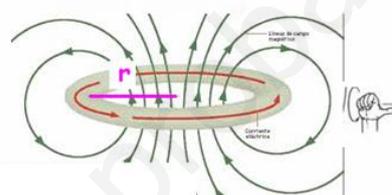
Fuentes de campos magnéticos

Campo magnético creado por una corriente indefinida rectilínea



$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r}$$

Campo magnético creado por una espira circular en su centro



$$B = \frac{\mu_0 I}{2 r}$$

FÍJATE BIEN



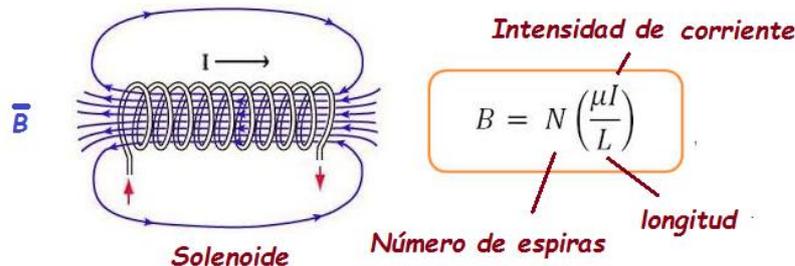
$$B = \frac{\mu I}{2 \pi r}$$

- Las líneas de campo son circunferencias concéntricas al hilo, situadas en un plano perpendicular al mismo.
- El sentido de las líneas de campo es el de giro de un sacacorchos que avanza en el sentido de la corriente.
- El vector campo magnético es tangente a las líneas de campo y de su mismo sentido.
- La intensidad del campo magnético es directamente proporcional a la intensidad que circula e inversamente proporcional a la distancia al conductor.

Ejemplo 4 Ejemplos 2 y 3 de la pág. 159.

Actividad 5 Actividad 9 de la página 170.

Campo magnético en el interior de un solenoide



$$B = N \left(\frac{\mu I}{L} \right)$$

Un solenoide es cualquier dispositivo físico capaz de crear un campo magnético sumamente uniforme e intenso en su interior, y muy débil en el exterior. Un ejemplo teórico es el de una bobina de hilo conductor aislado y enrollado helicoidalmente, de longitud indeterminada.

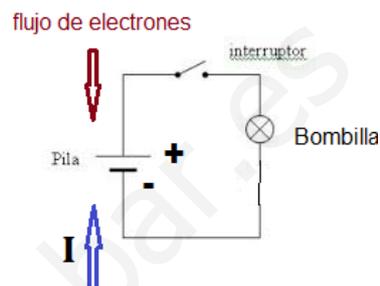


3.4 FUERZAS ENTRE CORRIENTES

3.4.1 El sentido de la corriente eléctrica

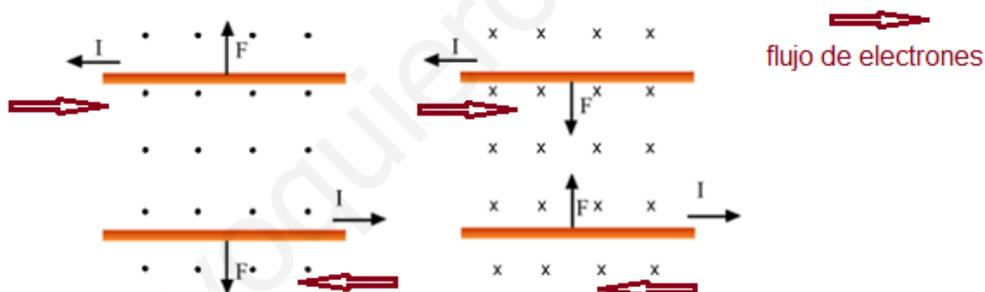
Cuando se conecta un hilo conductor a los terminales de una pila obtenemos un circuito eléctrico. Cuando se cierra el interruptor los electrones del conductor se ven atraídos por la terminal positiva de la pila (que se encuentra a mayor potencial) estableciéndose una corriente eléctrica.

Sin embargo, cuando se estableció el criterio de cargas positivas y negativas, se suponía que había un flujo de cargas positivas y que se le asignó a este flujo el de la corriente eléctrica. El criterio se mantiene hoy en día y admitimos que el sentido de corriente eléctrica es el de flujo de carga positiva y no la corriente real de electrones, que va en sentido contrario.



3.4.2 Fuerza sobre un elemento de corriente

Tal y como se ha estudiado, el campo magnético interactúa con cargas eléctricas que se muevan en su seno. Como la corriente eléctrica es debida al movimiento de cargas en los conductores, es razonable suponer que si se sitúa un conductor eléctrico en el seno de un campo magnético, y hacemos que circule por él una corriente eléctrica, se producirá una interacción con el campo y aparecerá una fuerza sobre el conductor:



Fuerza magnética sobre un conductor rectilíneo

$$\vec{F} = I (\vec{l} \times \vec{B})$$

producto vectorial

Fuerza magnética

Intensidad de corriente

Longitud del conductor

campo magnético

Características de la fuerza:

- Es perpendicular al plano determinado por el conductor y el campo magnético.
- El sentido se puede determinar aplicando la regla del sacacorchos.
- Su módulo depende del ángulo que formen el conductor y el campo. Adquiere el valor máximo cuando el conductor forme un ángulo de 90° con el vector campo



FÍJATE BIEN



Como podemos comprobar la dirección y sentido de la fuerza coincide con el criterio de la fuerza que va sentir el flujo de electrones al moverse en el seno del campo magnético.

3.4.3 Fuerza entre corrientes paralelas

Si tenemos dos conductores por los que circula corriente, se crearan campos magnéticos alrededor de ambos conductores que interaccionarán con las cargas del otro (figura B)

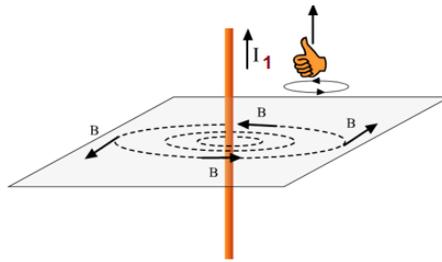


FIGURA A

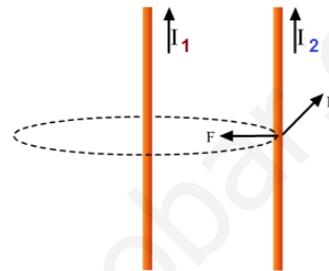


FIGURA B

Para el caso de dos conductores de la misma longitud L , paralelos y separados por una distancia d , el campo magnético creado por uno de ellos (por ejemplo el situado a la izquierda en la figura) a la distancia que se encuentra el otro valdrá:

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1}{d}$$

Este campo interaccionará con las cargas en movimiento del otro conductor produciendo una fuerza sobre él de valor:

$F = I_2 B$ Y sustituyendo:

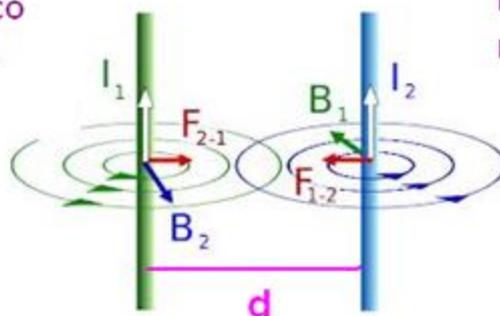
$$F = \left(\frac{\mu L}{2\pi} \right) \frac{I_2 I_1}{d}$$

El resultado es una fuerza de atracción sobre el otro conductor.

Fuerza que ejerce un campo magnético sobre un elemento de corriente

$$F = I \bar{\ell} \times \bar{B}$$

se atraen

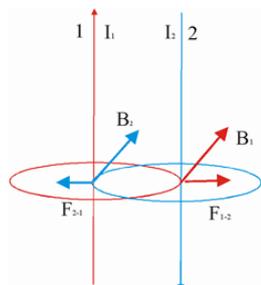


Fuerza entre corrientes rectilíneas

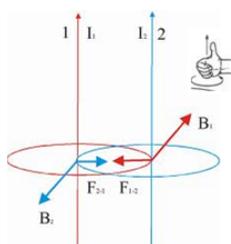
$$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$



Si repetimos el proceso intercambiando los conductores llegaríamos a un resultado análogo, y de aquí:



corrientes de sentido contrario se repelen



Corrientes del mismo sentido se atraen

Dos corrientes paralelas del mismo sentido se atraen con una fuerza directamente proporcional a las intensidades que circulan por los conductores e inversamente proporcional a la distancia que los separa.

Dos corrientes paralelas de diferente sentido se repelen.

La fuerza ejercida entre dos conductores paralelos por los que circula idéntica intensidad sirvió para establecer la definición del amperio:

Se define el **amperio internacional** (A) como la intensidad de corriente que debe circular por dos conductores rectilíneos, paralelos e indefinidos, para que separados por una distancia de 1 m ejerzan entre ellos una fuerza de $2 \cdot 10^{-7}$ N/m



Ejemplo 5 Dos corrientes eléctricas paralelas separadas 1,0 cm se ejercen una fuerza magnética de 0,20 N. Si se separan hasta 2,0 cm y aumentamos la intensidad de la segunda corriente al doble de su valor inicial (manteniendo constante la primera), razonando la respuesta, ¿cuál es la fuerza que se ejercen?

Ejemplo 6 Dos hilos rectilíneos de 30 cm de longitud, colocados paralelos entre sí, transportan sendas corrientes de 2,1 A y 3,4 A en sentido contrario. Los hilos están separados 14,0 cm. Determinar la fuerza magnética existente entre ambos conductores, explicando si es atractiva o repulsiva. Halar el campo magnético en el centro del segmento que une las corrientes y a 20 cm de la corriente mayor.

Si en vez de un hilo con corriente colocamos una espira cuadrado, se producirán fuerzas paralelas que tendrán sentidos contrarios y que hacen girar la espira.

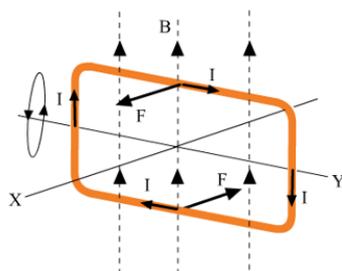


Fig. 7.32 de la pág. 164

Actividad 6 Actividades 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25 y 26 de la pág. 171.



3.5 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Sabemos que una corriente eléctrica produce un campo magnético a su alrededor. Además, Como ya hemos visto, los campos magnéticos ejercen una fuerza sobre cargas en movimiento y sobre corrientes eléctricas. ¿Es posible que un campo magnético produzca una corriente eléctrica?.

Michael **Faraday** (1791-1867) y Joseph **Henry** (1797-1878) llevaron a cabo diversos experimentos (hacia 1830) que permitieron dar respuesta a esta pregunta.

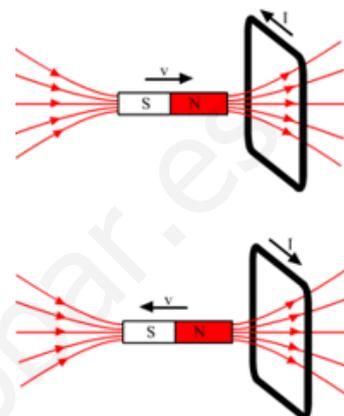
Experiencia de Faraday

Si alejamos o acercamos un imán a una espira, se produce (induce) en ella una corriente eléctrica.

El sentido de la corriente es diferente según acerquemos o alejemos el imán (ver blog de la asignatura) o lo hagamos por un polo u otro, u alejemos o acerquemos la espira.

La intensidad de la corriente inducida depende de la velocidad del imán.

Si el imán se mantiene en reposo no se induce corriente alguna. **Fig. 8.2 pág. 174**



Experiencia de Faraday

De la experiencia de Faraday concluimos que **campos magnéticos variables producen corrientes eléctricas.**

Mas tarde los experimentos de Henry permitieron una mejor comprensión del fenómeno.

Experiencia de Henry

La experiencia de Henry consistió en deslizar un conductor móvil sobre otro doblado en forma de U (ver figura), situado en el seno de un campo magnético constante y perpendicular a la dirección del movimiento. Como consecuencia del movimiento (y de la presencia del campo magnético) *aparece una fuerza de Lorentz sobre las cargas libres del conductor (electrones)*. Por tanto, las cargas negativas se desplazan hacia el extremo inferior del conductor móvil, mientras que en el superior se acumularán las positivas creándose una diferencia de potencial entre ambos extremos que hará que comience a circular una corriente por el circuito. Además se puede observar que durante el desplazamiento varía el tamaño de "la espira" que forma el circuito.

Como conclusión de los experimentos **Se interpretó que lo que varía en ambos es la cantidad de líneas de campo magnético que atraviesan el circuito en el que se induce la corriente.**



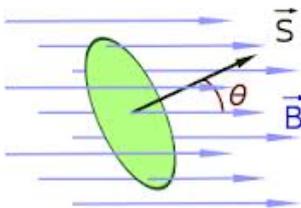


Llamamos **inducción electromagnética** a la aparición de una corriente eléctrica o **fuerza electromotriz inducida (fem o ε)** en un circuito al variar las líneas del campo magnético que lo atraviesa.

El número de líneas de campo magnético que atraviesa un circuito puede calcularse mediante una magnitud que llamamos flujo magnético Φ .

Llamamos **flujo magnético Φ** a través de una superficie al número de líneas de campo que atraviesan dicha superficie S.

Flujo magnético



$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B S \cos \theta$$

Para un campo magnético uniforme y una superficie plana

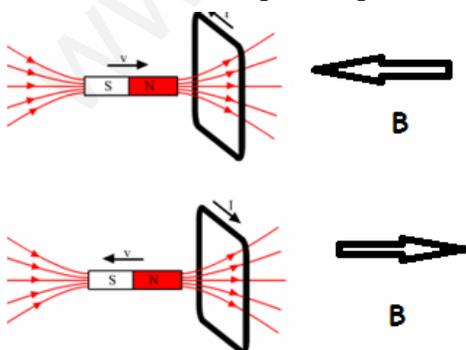
- El vector superficie S es perpendicular a la superficie
- Por convenio la intensidad del campo magnético se hace igual al número de líneas de campo que atraviesan la unidad de superficie colocada perpendicularmente a ellas.
- **La unidad S.I. de flujo magnético es el tesla por metro cuadrado ($T \cdot m^2$) y recibe el nombre de weber (Wb)**

Características:

- El flujo es directamente proporcional al campo magnético y a la superficie de la espira.
- Depende del ángulo que forman las líneas del campo con la normal a la superficie.

Figura 8.4, 8.5 y 8.6 de la página 186

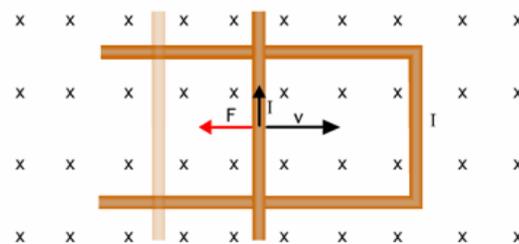
Además de la experiencia de Henry y de Faraday puede deducirse que el sentido de la corriente eléctrica es tal que se opone a la causa que lo produce.



Experiencia de Faraday

B campo magnético producido por la corriente inducida I

La corriente inducida se opone a la variación del campo



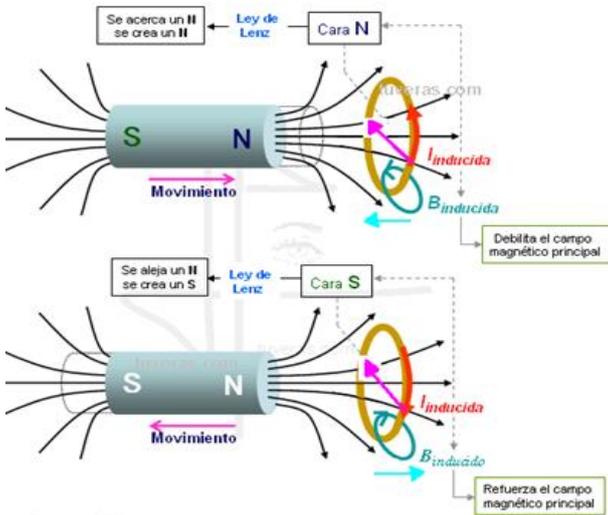
F fuerza sobre la corriente inducida I debida al campo magnético

La corriente inducida se opone al movimiento



Ley de Lenz

Las fem inducidas tiene un sentido tal que con sus efectos tienden a oponerse a las causas que las producen



- Si la corriente se induce debido a **un aumento del flujo magnético** el sentido de la corriente será el que produzca **un campo magnético opuesto al campo inductor** (produciendo de esta manera un campo más pequeño y una disminución del flujo).
- Si la corriente se induce debido a **una disminución del flujo magnético**, el sentido de la corriente será el que produzca **un campo magnético del mismo sentido que el campo inductor** (produciendo de esta manera un reforzamiento del campo y un aumento del flujo).

Ejemplo 7 Una espira cuadrada se desplaza hacia una zona donde hay un campo magnético uniforme perpendicular al plano de la espira (ver figura A). ¿Cuál será el sentido de la corriente inducida en la espira:

- a) Si entra en la zona donde está el campo magnético.
- b) Si sale de la zona donde está el campo magnético

Ejemplo 8 Por un hilo vertical indefinido circula una corriente eléctrica de intensidad I . Si dos espiras se mueven una con velocidad paralela al hilo y otra con velocidad perpendicular, ¿se inducirá corriente en alguna de ellas?

Ejemplo 9 Indica cómo es la corriente inducida en la espira de la izquierda (inducido) en los siguientes casos:

- a) Con ambas espiras muy juntas se cierra el interruptor en el inductor
- b) Ambas espiras están juntas. Se cierra el interruptor en el inductor y se alejan ambas espiras. Figura B.

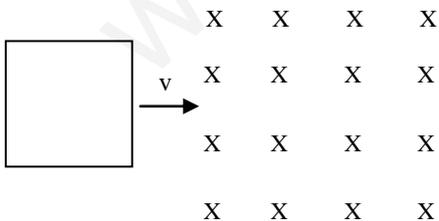


figura A

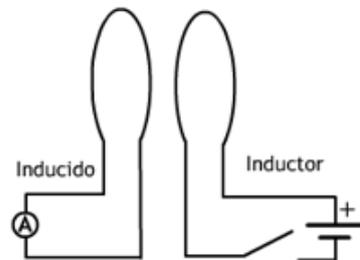


figura B



Ahora podemos establecer la relación entre la variación del flujo y la fuerza electromotriz inducida en el circuito, que se conoce como:

Ley de **ley de Faraday-Henry**: *La fuerza electromotriz inducida en un circuito es igual y de signo contrario a la rapidez con la que varía con el tiempo, el flujo magnético que lo atraviesa.*

Ley de inducción de Faraday

$$\mathcal{E} = - \frac{d\phi}{dt} = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Si queremos calcular la intensidad de corriente que circula

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Un campo magnético variable produce una corriente inducida

Ejemplo 10 Ejemplo 2 de la página 178

Teniendo en cuenta la ley de Faraday-Henry podemos calcular la fuerza electromotriz inducida en las diversas formas en las cuales podemos inducir una corriente eléctrica *en un circuito plano atravesado por un campo magnético uniforme*:

A) *Cambiando el módulo del campo magnético con el tiempo*

Ejemplo 11 Actividad 18 de la página 193

B) *Girando el circuito (cambiando el ángulo entre el campo y la espira)*

Ejemplo 12 Ejemplo 3 de la página 178

C) *Variando el área del circuito*

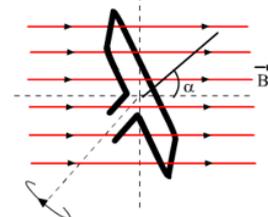
Ejemplo 13 Ejemplo 1 de la página 178 (demuestra la fórmula)

Generadores de corriente eléctrica. Alternadores y dinamos

El hecho de que campos magnéticos variables produzcan corrientes eléctricas inducidas puede aprovecharse para transformar energía mecánica en eléctrica.

La manera más corriente es haciendo girar una espira (realmente una bobina) en un campo magnético. El flujo variable que atraviesa la espira produce una corriente eléctrica que cambia continuamente su polaridad. El dispositivo recibe el nombre de **alternador** (**Fig. 8.9 de la página 179**).

En la figura se ve una espira que gira con velocidad angular constante en el seno de un campo magnético. El flujo que atraviesa la espira variará en función del ángulo que forme con el campo magnético, generando una corriente eléctrica que cambia continuamente su sentido (**una corriente alterna**).





c) Calcule el valor de la fuerza magnética que se ejerce entre los conductores por unidad de longitud. ¿Se atraen o se repelen los conductores?.

Dato: permeabilidad = $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$

Soluciones: $2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, $0,00225 \text{ m}$ y $2,25 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

2- Un electrón se mueve en el sentido positivo del eje OX y penetra en una región del espacio en la que existe un campo magnético de 5 T en el sentido positivo del eje OZ.

a) Dibuje un esquema indicando la dirección y sentido de la fuerza que sufre el electrón y calcule el radio de la órbita descrita, deduciendo la expresión.

b) Calcular el vector campo eléctrico que habría que aplicar para que el electrón siguiera una trayectoria rectilínea.

Datos: $m_{e^-} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $q_{e^-} = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Solución: $1,14 \cdot 10^{-8} \text{ m}$, $5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$

3- Un protón penetra con una velocidad de 2.400 km/s en dirección perpendicular a un campo magnético uniforme de 1'5 teslas. Halle:

a) La fuerza magnética que actúa sobre el protón.

b) El radio de la circunferencia que describe.

c) El período de su movimiento.

Datos: $m_{p^+} = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $q_{p^+} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Solución: $F = 5,8 \cdot 10^{-13} \text{ N}$, $R = 1,7 \text{ cm}$, $T = 45 \text{ ns}$

4- El flujo magnético que atraviesa una espira viene dado por $\Phi = 10(t^2 - 8t) \text{ Wb}$.

a) Calcule la expresión de la fem inducida en la espira en función del tiempo.

b) ¿En qué instante el valor de la fem es cero?

S: la fem es cero en $t = 4 \text{ s}$.

5- Una espira circular se encuentra inmersa en un campo magnético uniforme de 2 T perpendicular al plano de la espira. Si el área de la espira crece a razón de $24 \text{ cm}^2/\text{s}$, halle:

a) La fem inducida.

b) La corriente eléctrica inducida si la espira tiene una resistencia de $125 \text{ m}\Omega$.

S: fem = $-4,8 \text{ mV}$, $I = 0,04 \text{ A}$

6- Una bobina formada por 500 espiras circulares de 5 cm de radio gira en el interior de un campo magnético uniforme horizontal de 0'2 T, alrededor de un eje vertical que pasa por su centro a razón de 500 rpm. Halle:

a) La expresión de la fem inducida en cualquier instante. ¿Cuanto vale la fem en $t = 2 \text{ s}$?

b) Calcule el valor máximo de la fem.

c) Halle el período y la frecuencia de la corriente inducida.

S: fem (2 s) = $-35,6 \text{ V}$, fem máxima = $41,1 \text{ V}$, $T = 0,12 \text{ s}$, $f = 8,34 \text{ Hz}$



CRITERIOS DE EVALUACIÓN

NOTA: en color ciruela se indican los criterios específicos de corrección del tema.

1. Definir correctamente los siguientes términos: Campo magnético (inducción del campo magnético), Amperio, flujo magnético, fuerza electromotriz inducida.
2. Enunciar correctamente la ley de Faraday-Lenz.
3. Explicar las características y propiedades del campo magnético.
4. Describir las características líneas del campo magnético.
5. Describir las características del flujo magnético
6. Describir las características de la fuerza de Lorentz.
7. Describir las experiencias de Oersted y Faraday e indicar sus consecuencias.
8. Calcular la fuerza (mulo, dirección y sentido) que sienten cargas que se mueven en campos magnéticos uniformes (fuerza de Lorentz) y resolver problemas relativos al movimiento que estas hacen (radios de trayectorias, tipo de movimiento, etc.), con o sin aceleración previa de éstas en campos eléctricos. **Es necesario indicar las fórmulas usadas y obtener los datos que nos piden igualando la fuerza magnética (fuerza de Lorentz) y la centrípeta (si el resultado es un MCU).**
9. Resolver problemas de movimientos de cargas en regiones donde existen campos magnéticos y eléctricos uniformes. **Es necesario indicar las expresiones que justifican los cálculos (fuerza de Lorentz y $F = qE$).**
10. Hallar campos magnéticos creados por corrientes eléctricas de un alambre indefinido, una espira o un solenoide.
11. Hallar la fuerza con la que se atraen o repelen hilos rectilíneos por los que pasan corrientes eléctricas y calcular el campo magnético total que crean en puntos de su alrededor. **Es necesario indicar las fórmulas y dibujar los campos magnéticos creados por cada corriente..**
12. Indicar el sentido por el que circula una corriente eléctrica inducida en un circuito..
13. Hallar el flujo magnético que atraviesa un superficie plana.. **Es necesario indicar las expresiones que justifican los cálculos.**
14. Calcular el valor de la corriente inducida y la fem inducida en un circuito debido a variaciones del campo magnético, rotaciones de espiras o variación del tamaño del circuito (experiencia de Henry). **Es necesario indicar las expresiones que justifican los cálculos (ley de Faraday-Lenz).**