

PRÁCTICA Nº 4

CAMPOS MAGNÉTICOS GENERADOS POR IMANES Y CORRIENTES. FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UN CONDUCTOR

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Magnetismo

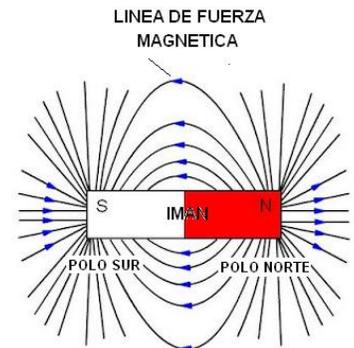
Parte de la Física que estudia los fenómenos magnéticos producidos por cargas eléctricas en movimiento. Por ejemplo fenómenos magnéticos con imanes o generados por corrientes eléctricas

Imanes

Un imán es un material capaz de producir un campo magnético exterior y atraer el hierro (también puede atraer al cobalto y al níquel). Los imanes que manifiestan sus propiedades de forma permanente pueden ser naturales, como la magnetita (Fe_3O_4) o artificiales, obtenidos a partir de aleaciones de diferentes metales .

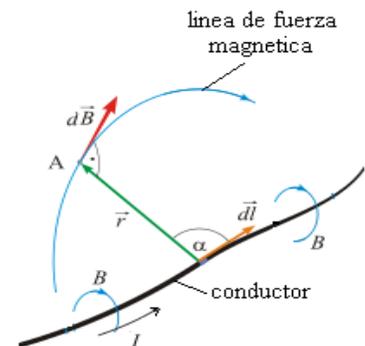
En un imán la atracción es mayor en sus extremos o **polos**. Todo imán posee 2 polos. Estos polos se denominan norte (por donde salen las líneas de fuerza magnética) y sur (por donde entran las líneas de fuerza magnética). La Tierra es un gigantesco imán natural.

La región del espacio donde se pone de manifiesto la acción de un imán se llama **campo magnético**. Este campo se representa mediante líneas de fuerza, que son unas líneas imaginarias, cerradas, que van del polo norte al polo sur, por fuera del imán y del polo norte al polo sur en el interior de éste; se representa con la letra ***B***.



Causa de la generación del campo magnético de los imanes

Desde hace tiempo es conocido que una corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor. En el interior de la materia existen pequeñas corrientes cerradas debidas al movimiento de los electrones que contienen los átomos, cada una de ellas origina un microscópico imán o dipolo. Cuando estos pequeños imanes están orientados en todas direcciones sus efectos se anulan mutuamente y el material no presenta propiedades magnéticas; en cambio si todos los imanes se alinean actúan como un único imán y en ese caso decimos que la sustancia se ha magnetizado



Campo magnético producido por corrientes. Ley de Biot-Savart.

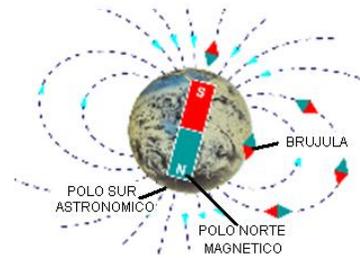
Esta ley relaciona el valor del campo magnético con las corrientes que lo producen. En el caso de las corrientes que circulan por circuitos filiformes (o cerrados), la contribución de un elemento infinitesimal de longitud $d\vec{l}$ del circuito recorrido por una corriente I crea una contribución elemental de campo magnético, $d\vec{B}$, en el punto situado en la posición que apunta el vector unitario \hat{r} a una distancia r respecto de $d\vec{l}$, quien apunta en dirección a la corriente I :

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2} \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Tm A^{-1}$$

donde μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío, y \hat{r} es un vector unitario. En el sistema internacional de unidades el campo magnético se mide en Tesla, T

Campo magnético Terrestre

La Tierra funciona como un gigantesco imán permanente. La razón por la que la Tierra (y otros planetas) producen un campo magnético es todavía objeto de controversia, aunque es admitido que está relacionado con la existencia de iones y material ferromagnético en el núcleo y con la velocidad de rotación. Como los polos opuestos se atraen, significa que el Polo Norte geográfico de la Tierra es en realidad el Polo Sur magnético y viceversa (en realidad no coinciden exactamente, están separados unos 1800 km). Las líneas de campo magnético terrestre salen entonces del Polo Sur geográfico y entran por el Polo Norte, y la intensidad del campo es en promedio de 0.05 mT (0.03 mT en el ecuador y 0.07 mT en los polos).



Campo magnético producido por una carga puntual en movimiento

El campo magnético generado por una única carga en movimiento (no por una corriente eléctrica) se calcula a partir de la siguiente expresión:

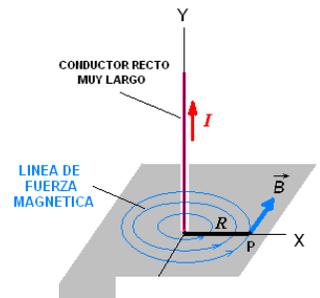
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 (q\vec{v}) \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

Calculo de campos magnéticos generados por algunas corrientes

a.- Campo magnético producido por hilo rectilíneo muy largo

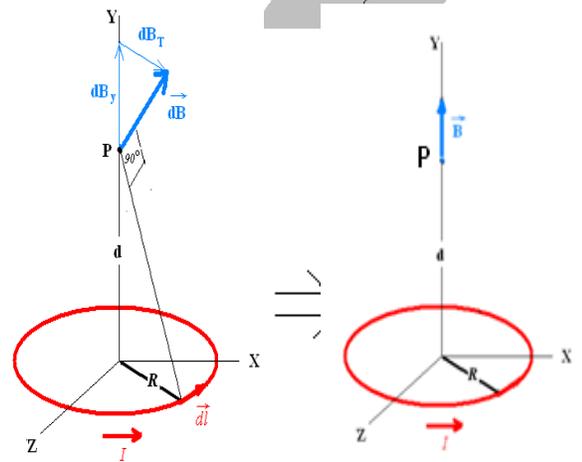
El campo magnético \vec{B} producido por el hilo rectilíneo en el punto P tiene una dirección que es perpendicular al plano formado por la corriente rectilínea y el punto P, y el sentido de \vec{B} resulta de la aplicación de la "regla de la mano derecha"

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$



b.- Campo magnético debido a una espira circular

Utilizando la ley de Biot-Savart y algunas condiciones de simetría, se calcula el campo magnético que produce una corriente circular en



un punto del eje que dista una distancia d del centro de la espira de radio R . Para elementos de corriente Idl diametralmente opuestos en la espira, las componentes transversales $d\mathbf{B}_T$ se anulan de a pares y por tanto nos bastará con conocer cuál va a ser la componente paralela al eje y, como puede verse en la figura. Al integrar el resultado será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + d^2)^{3/2}} \hat{u}_y$$

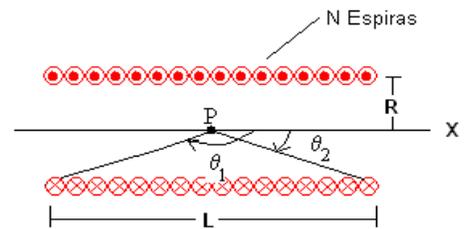
La ecuación para el campo en el centro de la espira se deduce de la anterior, y es:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2R} \hat{u}_y$$

c.- Campo magnético en el eje de un solenoide

Si el solenoide de largo L y radio R tiene N espira, el campo magnético \mathbf{B} en un punto P de su eje longitudinal será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i N}{2L} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \hat{u}_x$$



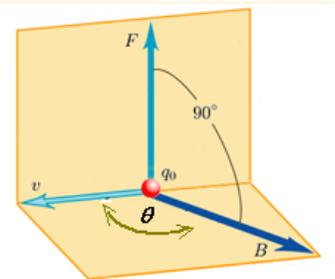
Si el solenoide es muy largo comparado con su radio R y si el punto P está situado en el centro, tendremos que $\theta_1 \rightarrow \pi$, y $\theta_2 \rightarrow 0$. El campo B vale entonces

$$\vec{B}_0 = \frac{\mu_0 i N}{L} \hat{u}_x$$

En tal caso el campo magnético en los extremos del solenoide se reduce a la mitad

d.- Fuerza sobre una carga puntual móvil en un campo magnético

Si una carga eléctrica puntual positiva, de valor q , se desplaza a una velocidad v en un campo magnético \mathbf{B} en una región del espacio, sufrirá los efectos de una fuerza \mathbf{F} que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad v como al campo \mathbf{B} . Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente igualdad. $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$

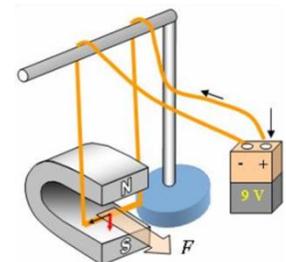


Nótese que tanto \mathbf{F} como v y \mathbf{B} son magnitudes vectoriales y el *producto vectorial* tiene como resultante un vector perpendicular tanto a v como a \mathbf{B} .

El módulo de la fuerza resultante será $|\mathbf{F}| = |q||v||\mathbf{B}| \cdot \sin \theta$

Expresión en la que θ es el ángulo entre v y \mathbf{B} . La figura muestra las relaciones entre los vectores.

e.- Fuerza sobre una corriente en un campo magnético



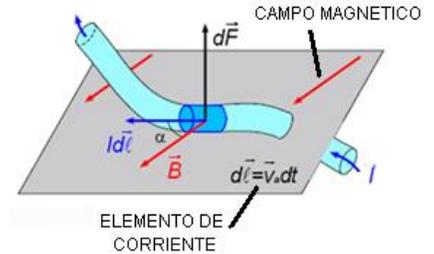
Sabemos que, sobre las cargas en movimiento en un campo magnético actúa una fuerza magnética, por lo que sobre un conductor por el que circula una corriente eléctrica situado en una región del espacio con un campo magnético, también actuará una fuerza magnética.

Considérese un conductor por el que circula una corriente I , situado en una región con un campo magnético \vec{B} , tal como se muestra en la figura. En un intervalo de tiempo dt , las cargas eléctricas se desplazan a lo largo del conductor una longitud $d\vec{l}$ igual a su velocidad de arrastre por el tiempo dt

$$d\vec{l} = \vec{v}_a dt$$

Por lo que la fuerza elemental que actúa sobre el elemento de longitud que contiene una carga elemental dq , vale:

$$d\vec{F} = dq(\vec{v}_a \times \vec{B}) \quad d\vec{F} = Idt(\vec{v}_a \times \vec{B}) = I(d\vec{l} \times \vec{B})$$



Al producto $I d\vec{l}$ se le denomina **elemento de corriente**. Hay que subrayar que esta expresión proporciona únicamente la fuerza elemental que actúa sobre un elemento de corriente. Para calcular la fuerza sobre corrientes cualesquiera, habrá que integrar.

f.- Fuerza entre corrientes eléctricas rectilíneas

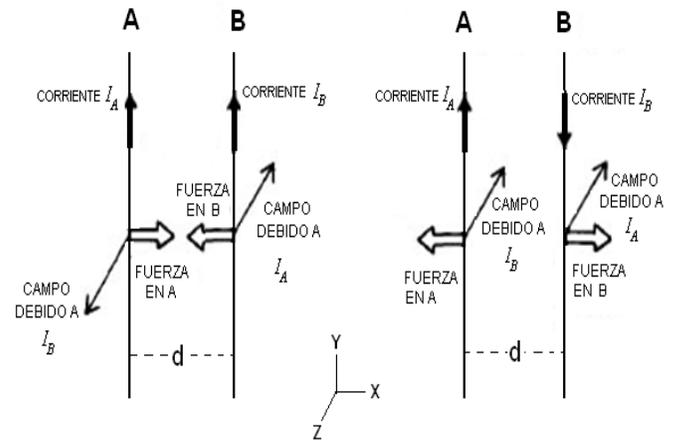
Sean dos corrientes rectilíneas indefinidas de intensidades I_A e I_B paralelas y separadas una distancia d .

El campo magnético producido por la corriente I_A , en la posición de la otra corriente I_B , es

$$\vec{B}_A = -\frac{\mu_0 I_A}{2\pi d} \hat{u}_z$$

La fuerza sobre una porción L , del segundo conductor por el que circula una corriente I_B en el mismo sentido es

$$\vec{F} = I_B (\hat{u}_y \times \vec{B}_A) L \quad \vec{F} = -\frac{\mu_0 I_A I_B}{2\pi d} L \hat{u}_x$$



Como podemos comprobar, la fuerza que ejerce el campo magnético producido por la corriente de intensidad I_B sobre una porción de longitud L de corriente rectilínea de intensidad I_A , es igual pero de sentido contrario. La fuerza por unidad de longitud entre dos corrientes rectilíneas indefinidas y paralelas, distantes d es

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_A I_B}{2\pi d}$$

Si las corrientes tienen sentido opuesto, la fuerza tiene el mismo módulo pero de sentido contrario, las corrientes se atraen, tal como se aprecia en la figura

EXPERIMENTACIÓN PRÁCTICA 4

IMANES, LEY DE BIOT-SAVART, FUERZA SOBRE CORRIENTES

EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS

Imanes, Set de conductores de diferentes formas (alambre recto, espira, solenoide)

limaduras de hierro, brújula, galvanómetro de cero central, 1 batería de Ni-Cd transformador (bobinas primario, secundario, núcleo), sensor de campo magnético

OBJETIVOS

Realizar experimentos con campos magnéticos generados por imanes o corrientes eléctricas y su interacción con otras corrientes, como por ejemplo:

- Estudio de campos magnéticos generados por imanes
- Estudio de campos magnéticos generados por diversos conductores con corriente
- Estudio de fuerza sobre conductores con corriente en campos magnéticos
- Estudio de fuerza entre conductores con corriente eléctrica

Desarrollo de experimentos

Se desarrollan los siguientes experimentos:

a) Experimentos con imanes:

- Observar atracción o rechazo entre polos de imanes
- Observar “líneas de fuerza magnéticas”, esparciendo limaduras de hierro

b) Experimento de campo magnético generado por corriente rectilínea

- Observar efecto sobre brújula
- Observar “líneas de fuerza magnéticas”, esparciendo limaduras de hierro

c) Experimento de campo magnético generado por corriente en solenoide

- Observar efecto sobre brújula
- Observar “líneas de fuerza magnéticas”, esparciendo limaduras de hierro

d) Experimento de fuerza sobre conductores con corriente en campos magnéticos

- Verificar la acción de una fuerza sobre un conductor que lleva una corriente eléctrica y que se encuentra entre los polos de un imán de herradura
- Observar el cambio de dirección de la fuerza si se cambia la dirección del campo magnético o se cambia el sentido de la corriente
- Observar que aumenta la fuerza si aumenta la corriente

e) Experimento de fuerza entre conductores paralelos que llevan corriente eléctrica

- Observar la atracción entre los conductores si llevan corriente eléctrica en el mismo sentido
- Observar la repulsión entre los conductores si llevan corriente eléctrica en distinto sentido.