

Electromagnetismo

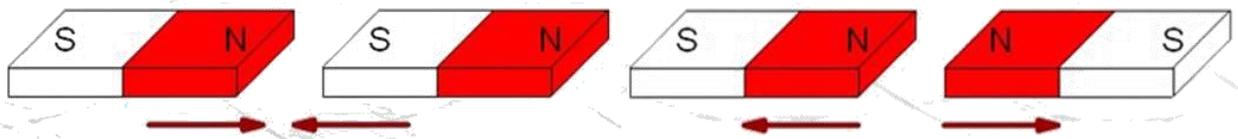
- 10.1. Ley de interacción de los polos
- 10.2. Magnetismo terrestre
- 10.3. Materiales ferromagnéticos, paramagnético, diamagnéticos
- 10.4. Teoría de Weber
- 10.5. Flujo magnético
- 10.6. Densidad de flujo magnético
- 10.7. Ley de Biot-Savart
- 10.8. Ley de Ampere

Ley de interacción de los polos

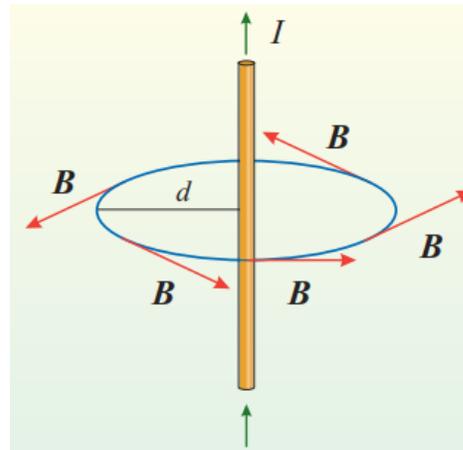
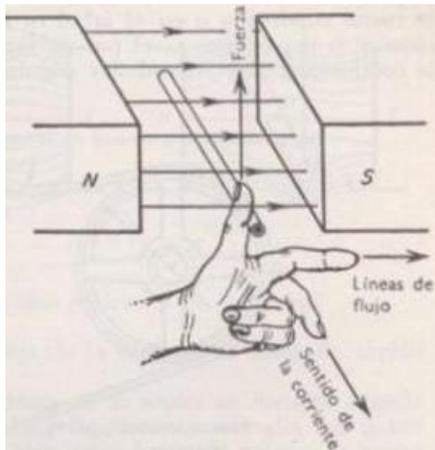
Oersted acuñó el término "Electromagnetismo" para la rama de la Física que engloba la Electricidad y el Magnetismo. Experimentos subsiguientes realizados por Ampere demostraron que también dos corrientes eléctricas interactúan, atrayéndose o repeliéndose los respectivos conductores. Ampere propuso la teoría de que las corrientes eléctricas son la causa de todos los fenómenos magnéticos.

En la actualidad se reconoce, en general, que todos los efectos magnéticos observados se deben al movimiento de la carga eléctrica, como en una corriente eléctrica, y a ciertas propiedades magnéticas intrínsecas de los constituyentes microscópicos de la materia, sobre todo las que se asocian con el spin del electrón. En lo que sigue nos ocuparemos fundamentalmente de describir los efectos magnéticos debidos a las cargas en movimiento.

En la INTERACCION MAGNETICA se estudia la fuerza magnética que actúa sobre una partícula cargada en movimiento situada en el seno de un campo magnético.



Los polos magnéticos siempre aparecen en pares a que se le conoce como bi polo magnético el magnetismo se debe a cargas eléctricas en movimiento que tienen lugar con las corrientes eléctricas y los electrones atómicos en órbita. Con el estudio de la electrostática podríamos considerar un polo como una carga magnética y preguntarse si la fuerza magnética puede ser expresada en forma similar a la ley de Coulomb, para cargas eléctricas Coulomb desarrollo tal ley utilizando las fuerzas magnéticas en lugar de las cargas eléctricas. Hemos visto lo conveniente que es describir las interacciones de los objetos cargados eléctricamente en términos de los campos eléctricos. Existe un campo eléctrico circundando cualquier carga eléctrica y este se representa por líneas del campo eléctrico o líneas de fuerza por ello aquí consideramos que el campo magnético que rodea a cualquier imán al igual que un campo eléctrico es una magnitud vectorial y se representa mediante el símbolo "B". La dirección de un campo magnético B en cualquier posición tiene la dirección que señala el polo norte de una brújula, si la brújula se coloca en esa posición.



La ley de Coulomb para el magnetismo.

Semejante a la ley de Coulomb para la Electroestática es experimental y cuantitativa, es decir nos ayuda a estimar la magnitud de la fuerza entre dos polos magnéticos independientes y puntuales; esta ley establece que la fuerza entre dichos polos en el vacío es directamente proporcional al producto de las magnitudes de las masas magnéticas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que las separa. El modelo matemático propuesto es:

$$F = \frac{K' P_1 P_2}{r_{12}^2}$$

Donde:

- K' Constante de proporcionalidad (S. I.), valor de $10^{-7} \text{ Wb} / \text{A m}$ ó $10^{-7} \text{ N} / \text{A}^2$;
- P Masa magnética, en el S. I. se mide en Ampere metro (A m);
- r Distancia entre los polos magnéticos mencionados, midiéndose en metros.

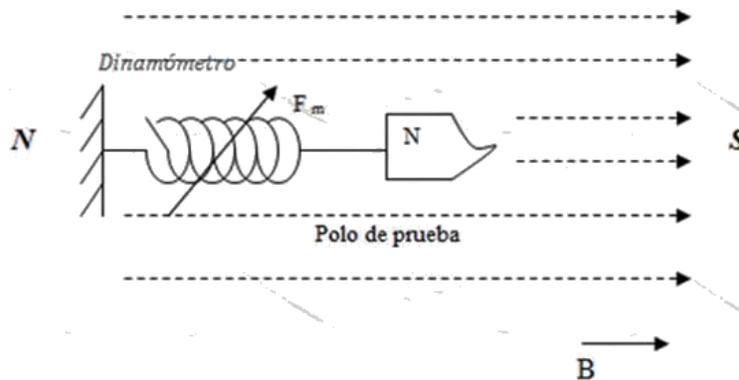
Inducción magnética.

La inducción magnética es una cantidad vectorial, semejante a la intensidad de campo eléctrico en un campo eléctrico, de hecho, se define de igual forma: "Es el cociente que resulta de dividir la magnitud de la fuerza sobre un polo de prueba, localizado en un punto del campo, entre la magnitud del polo".

En el campo eléctrico	En el campo magnético
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{P}$

Donde

- B Es la magnitud de la inducción magnética en Tesla (T).
Una Tesla es igual a un Weber entre metro cuadrado (T = Wb / m²) ó (T = N / A m)
- F Es la fuerza en Newton (N)
- P Masa magnética ó polo en Ampere metro (A m).



Acción sobre una carga en movimiento.

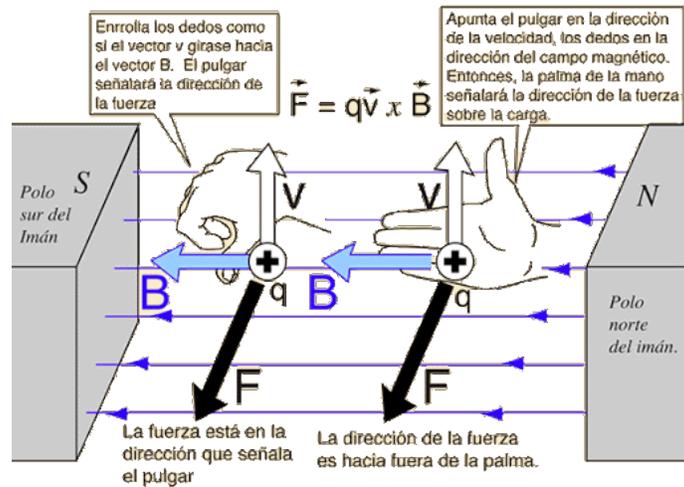
Toda carga móvil en el interior de un campo magnético sufre una fuerza cuyo valor viene dado por la expresión de Lorentz:

$$F = qv \times B \text{ ó } F = qvB \text{ sen } \alpha$$

Dirección: Perpendicular al plano que forman los vectores v y B.

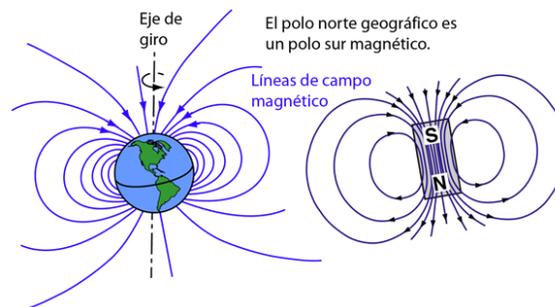
Sentido: El del producto vectorial teniendo en cuenta el signo de la carga q.

Al ser la fuerza perpendicular a la velocidad la aceleración que produce es siempre normal, es decir, cambia la dirección de la velocidad, pero no su módulo. La dirección de la F sobre una partícula de carga positiva también se puede determinar a partir de la velocidad y los vectores del campo, este método se establece como regla de la mano derecha.



Magnetismo terrestre

El campo magnético de la Tierra es similar al de un imán. El magnetismo de la Tierra es el resultado del movimiento que se produce dentro de ella. La teoría sugiere que el núcleo de hierro es líquido (excepto en el mismo centro, donde la presión solidifica el núcleo) y que las corrientes de convección, que se producen dentro del mismo, crean un gigantesco campo magnético.



El campo magnético de la Tierra se atribuye a un efecto dinamo de circulación de corriente eléctrica, aunque los detalles del efecto dinamo no se conocen, la rotación de la Tierra desempeña un papel en la generación de las corrientes que se suponen que son la fuente del campo magnético, el cual se encuentra inclinado 11 grados respecto al eje de rotación de la Tierra.

El campo magnético terrestre es imprescindible para sostener la vida en el planeta. Sin ella las partículas ionizadas que el Sol emite esporádicamente hacia el espacio impactarían de lleno nuestro planeta. Como consecuencia, destruirían la capa de ozono, permitiendo el ingreso de la radiación solar ultravioleta, capaz de ejercer daños sobre el ADN de los seres vivos. Esto, también, influenciaría los márgenes de temperatura que el planeta sostiene a lo largo del año, propiciando el calentamiento.

Materiales ferromagnéticos, paramagnético, diamagnéticos

Entre las propiedades elementales de los materiales se puede encontrar las características magnéticas, el comportamiento de los materiales puede ser diamagnéticos y paramagnéticos, adicional al sentido que tiene la magnetización en un material con respecto al campo externo aplicado se le conoce al hecho de inducir las propiedades magnéticas y sobre todo a los elementos ferromagnéticos.

El **diamagnetismo** es un efecto universal porque se basa en la interacción entre el campo aplicado y los electrones móviles del material. El diamagnetismo queda habitualmente enmascarado por el paramagnetismo (materiales que no son débilmente susceptibles al magnetismo), Los materiales diamagnéticos presentan susceptibilidades magnéticas negativas muy pequeñas. Las características esenciales del diamagnetismo son:

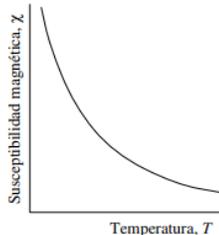
- Los materiales diamagnéticos se magnetizan débilmente en el sentido opuesto al del campo magnético aplicado (inducción magnética negativa).

- La susceptibilidad magnética es negativa y pequeña de -10^{-6} unidades mol.
- La permeabilidad relativa es entonces ligeramente menor que 1.

Algunos ejemplos de materiales diamagnéticos son: el agua, el bismuto metálico, el hidrógeno, el helio y los demás gases nobles, el cloruro de sodio, el cobre, el oro, el silicio, el germanio, el grafito, el bronce y el azufre. Nótese que no todos los citados tienen número par de electrones. Existe un caso particular de diamagnético con una susceptibilidad magnética bastante grande en módulo. Son los superconductores, a los que podemos considerar diamagnéticos perfectos. Estos materiales expulsan las líneas del campo magnético y consiguen un campo nulo en su interior, creando para ello corrientes superficiales que originan el campo que cancela el exterior. Como consecuencia de estas corrientes aparecen fuerzas magnéticas que pueden conseguir la levitación de un superconductor.

Los materiales **paramagnéticos** son aquellos cuya suma neta de los momentos magnéticos permanentes de sus átomos o moléculas es nula. Los materiales paramagnéticos se caracterizan por átomos con un momento magnético neto, que tienden a alinearse paralelo a un campo aplicado. El cual es un material débilmente atraído por un campo magnético que se acciona desde el exterior. Esto quiere decir que aquello que es paramagnético dispone de una cierta susceptibilidad frente a un campo magnético. Los materiales paramagnéticos se caracterizan por presentar:

1. Capa electrónica más externa parcialmente llena. Por ejemplo, el aluminio, una sustancia paramagnética cuyo orbital 3p contiene un único electrón que le da al átomo su momento magnético neto.
2. Momentos magnéticos netos permanentes, debido a la presencia de electrones desapareados, cuyo momento magnético no se cancela con el de otro electrón.
3. Momentos magnéticos orientados al azar en ausencia de un campo magnético externo.
4. Magnetización neta en presencia de un campo externo, la cual desaparece en cuanto se suprime el campo. Sucede que la alineación con el campo externo favorece el estado de mínima energía de los electrones.
5. Disminución de la magnetización con la temperatura. En efecto, los materiales paramagnéticos obedecen la ley de Curie:



$$M = C \left(\frac{B}{T} \right)$$

M = magnetización B = campo magnético
 C = Constante de Curie T = Temperatura en Kelvins

Algunos materiales paramagnéticos son: aire, magnesio, aluminio, titanio, wolframio, platino, litio.

Los materiales paramagnéticos se magnetizan débilmente en el mismo sentido que el campo magnético aplicado (tracción débil por un campo magnético exterior). Resulta así que aparece una fuerza de atracción sobre el cuerpo respecto del campo aplicado, cuando se elimina el campo externo aplicado el efecto del paramagnetismo desaparece. El ferromagnetismo es una propiedad de algunos materiales que hace que resulten intensamente imantados cuando se sitúan en un campo magnético, y conserven parte de su imantación cuando desaparece dicho campo. Los materiales ferromagnéticos suelen ser elementos de transición, con una configuración en sus átomos que favorece la interacción entre los dipolos magnéticos, los cuales se alinean paralelamente dentro de zonas que se llaman dominios.

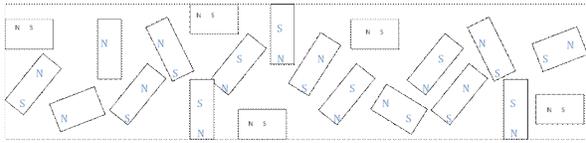
Propiedades de los materiales ferromagnéticos.

- Aparece una gran inducción magnética al aplicarle un campo magnético.
- Permiten concentrar con facilidad líneas de campo magnético, acumulando densidad de flujo magnético elevado.
- Se utilizan estos materiales para delimitar y dirigir a los campos magnéticos en trayectorias bien definidas
- Permite que las máquinas eléctricas tengan volúmenes razonables y costos menos excesivos.

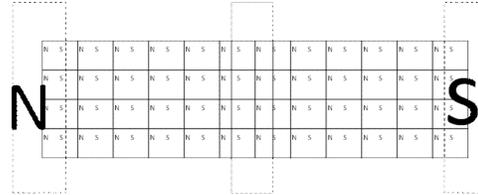
Algunos materiales paramagnéticos son: hierro, cobre, níquel, aleaciones que contengan cobalto, silicio magnesio y metales.

Teoría de Weber

El magnetismo según Max Weber se debe a imanes moleculares, pues decía que un imán se puede partir indefinidamente y cualquiera de las partes continúa siendo un imán e incluso en tal partición se puede llegar a la molécula del imán y ésta conserva sus polos magnéticos, como característica fundamental de los mismos. Esta teoría establece también que el proceso de imantación de cualquier material ferromagnético consiste en alinear los imanes moleculares en filetes magnéticos, que antes de la imantación tenían direcciones aleatorias cada uno. En los extremos de los filetes se localizan los polos formados, tal como se muestra enseguida.



Material ferromagnético desmagnetizado



Material ferromagnético magnetizado

El weber (símbolo: Wb) es la unidad de flujo magnético o flujo de inducción magnética en el Sistema Internacional de Unidades equivalente al flujo magnético que al atravesar un circuito de una sola espira produce en la misma una fuerza electromotriz de 1 voltio si se anula dicho flujo en 1 segundo por decrecimiento uniforme. Es representado simbólicamente por Wb. El nombre de esta unidad fue dado en honor al físico alemán Wilhelm Eduard Weber.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V}\cdot\text{s} = 1 \text{ T}\cdot\text{m}^2 = 1 \text{ m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}.$$

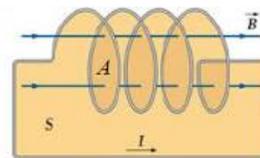
Flujo magnético

El flujo magnético (representado por la letra griega Φ), es una medida de la cantidad de magnetismo, que pasa a través de un área dada y se calcula a partir del campo magnético, la superficie sobre la cual actúa y el ángulo de incidencia formado entre las líneas de campo magnético y los diferentes elementos de dicha superficie. La unidad de flujo magnético en el Sistema Internacional de Unidades es el weber y se designa por Wb. En el sistema cegesimal se utiliza el maxwell (1 weber = 10^8 maxwells).

Flujo magnético = $\Phi = B A$ $\Phi_m = B \cdot S \cdot \cos \theta$ $\text{Tesla} \cdot \text{m}^2 \equiv \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A}}$
Campo magnético Área perpendicular al campo magnético Wb='Weber'

Para una bobina de N vueltas y un campo magnético uniforme:

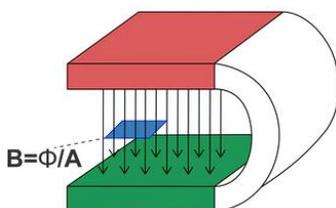
$$\phi_m = N \vec{B} \cdot \hat{n} A = N B A \cos \theta$$



Densidad de flujo magnético

La densidad de flujo magnético B también se llama "campo B" o "inducción magnética" describe la densidad y el sentido de las líneas de campo que atraviesan una superficie A. Cuanto más densas sean las líneas de campo, mayor será la densidad de flujo magnético. Se indica con la unidad tesla (T) o "gauss" (10 000 gauss = 1 tesla). Tesla= Wb/m²

La densidad del flujo magnético que pasa a través de una superficie imaginaria es, por lo tanto, el flujo magnético. Ayuda a imaginar una imagen con las líneas del campo magnético entre dos polos. La densidad de las líneas de campo en una sección transversal es, por así decirlo, la densidad del flujo magnético.



Cuando el flujo magnético no penetra perpendicularmente a un área, sino que lo hace con un cierto ángulo. La expresión será:

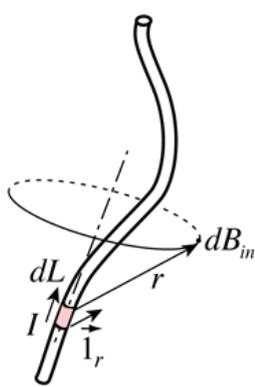
$$B = \Phi / A \cos \theta$$

De acuerdo con las ecuaciones de Maxwell, una ley física bien conocida en la electrodinámica, las líneas de campo no pueden detenerse. La densidad de flujo de un imán, por lo tanto, continúa en su espacio exterior. El flujo magnético en sí tiene el símbolo Φ y básicamente denota la totalidad de todas las líneas del campo magnético. El flujo magnético, por lo tanto, resulta de un área determinada A al producto con la densidad de flujo B . El área debe ser perpendicular al flujo. No existe ninguna fórmula sencilla con la que se pueda calcular la densidad de flujo magnético en función de la forma del imán. Sin embargo, para las formas geométricas simétricas menos complejas existen fórmulas sencillas con las que se puede calcular el campo B sobre un eje de simetría en sentido polo norte-sur.

En conclusión, la Densidad de flujo magnético (B) es un vector que representa la intensidad, dirección y sentido de un cuerpo magnético en un punto.

Ley de Biot-Savart

La ley de Biot-Savart, relaciona los campos magnéticos con las corrientes que los crean. Utilizamos la ley de Biot para calcular el campo magnético B producido por un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente de intensidad i . De una manera similar a como la ley de Coulomb relaciona los campos eléctricos con las cargas puntuales que las crean. La obtención del campo magnético resultante de una distribución de corrientes implica un producto vectorial, y cuando la distancia desde la corriente al punto del campo está variando continuamente, se convierte inherentemente en un problema de cálculo diferencial.



Campo magnético de un elemento de corriente

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{L} \times \vec{r}}{4\pi r^2}$$

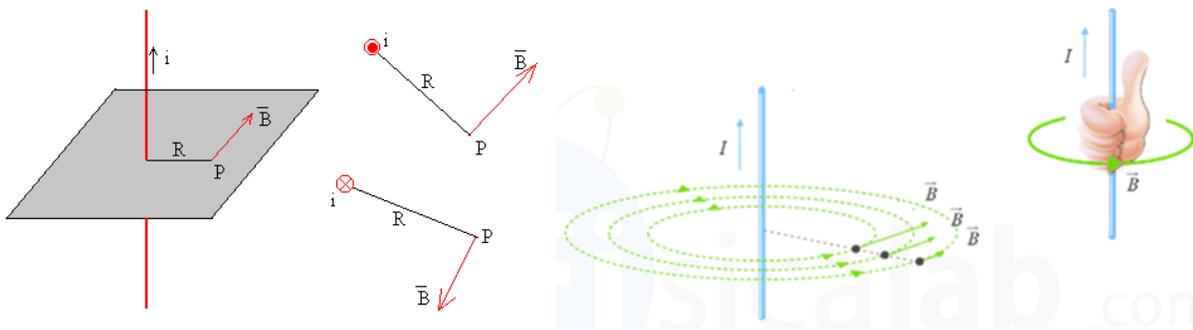
donde

$d\vec{L}$ = longitud infinitesimal del conductor que transporta la corriente eléctrica I

\vec{r} = vector unitario para especificar la dirección del vector distancia r desde la corriente al punto del campo.

Donde μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m \cdot A^{-1}$

En la figura, se muestra la dirección y sentido del campo magnético producido por una corriente rectilínea indefinida en el punto P. Cuando se dibuja en un papel, las corrientes perpendiculares al plano del papel y hacia el lector se simbolizan con un punto \cdot en el interior de una pequeña circunferencia, y las corrientes en sentido contrario con una cruz \otimes en el interior de una circunferencia tal como se muestra en la parte derecha de la figura.



La dirección del campo magnético se dibuja perpendicular al plano determinado por la corriente rectilínea y el punto, y el sentido se determina por la regla de la mano derecha, determina que, si usamos el pulgar de dicha mano para indicar el sentido de la intensidad de corriente, el resto de dedos nos indicará el sentido del campo magnético.

Campo magnético creado por una corriente eléctrica que circula por una espira. El valor del campo magnético en el centro de una espira circular creado por una corriente eléctrica se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

Donde:

- B es el valor del campo magnético en el centro de la espira C. Su unidad en el S.I. es el Tesla (T).
- μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío. En el S.I. se mide en $\text{m}\cdot\text{kg}/\text{C}^2$.
- I es la intensidad de corriente que circula por la espira. Su unidad en el S.I. es el Amperio (A).
- R es el radio de la espira. Su unidad en el S.I. es el metro (m).

Ley de Ampere

La ley de Ampere desempeña en el magnetismo un papel análogo a la Ley de Gauss en electrostática, relaciona un campo magnético estático con la causa que la produce, es decir, una corriente eléctrica estacionaria. James Clerk Maxwell la corrigió posteriormente y ahora es una de las ecuaciones de Maxwell, formando parte del electromagnetismo de la física clásica.

“...La circulación de la intensidad del campo magnético en una línea / contorno cerrado es igual a la suma algebraica de las corrientes encerradas o enlazadas por el contorno multiplicadas por la permeabilidad del espacio libre...”

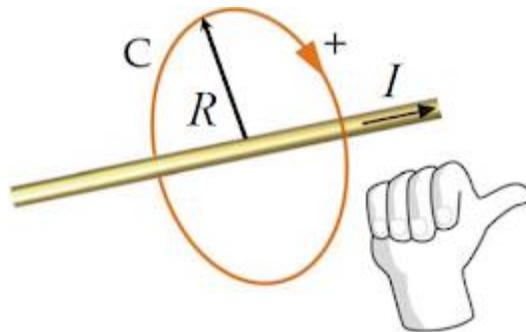
$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I_T$$

Donde:

La fórmula general muestra a la integral del primer miembro es la circulación o integral de línea del campo magnético a lo largo de una trayectoria cerrada, y:

- μ_0 es la permeabilidad del vacío
- $d\vec{l}$ es un vector tangente a la trayectoria elegida en cada punto
- I_T es la corriente neta que atraviesa la superficie delimitada por la trayectoria, y será positiva o negativa según el sentido con el que atravesase a la superficie.

Cálculo del campo creado por un hilo conductor infinito por el que circula una corriente I a una distancia r de este. Las líneas del campo magnético tendrán el sentido dado por la regla de la mano derecha para la expresión general del campo creado por una corriente, por lo que sus líneas de campo serán circunferencias centradas en el hilo, como se muestra en la siguiente figura.



Para aplicar la ley de Ampere se utiliza por tanto una circunferencia centrada en el hilo conductor de radio r. Los vectores B y $d\vec{l}$ son paralelos en todos los puntos de esta, y el módulo del campo es el mismo en todos los puntos de la trayectoria. La integral de línea queda:

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I_T \Rightarrow \oint B dl = B \oint dl = B 2\pi r = \mu_0 I$$

El campo magnético es un campo angular con forma circular, cuyas líneas encierran la corriente. La dirección del campo en un punto es tangencial al círculo que encierra la corriente.

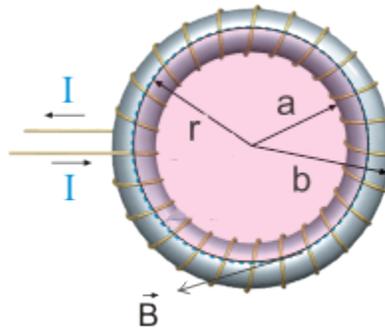
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Que coincide con la ecuación que se obtiene con la Ley de Biot-Savart

Aplicaciones de la Ley de Ampere

Toroide Circular.

Elegimos como camino cerrado una circunferencia de radio r , cuyo centro está en el eje del toroide, y situada en su plano meridiano. De esta forma el campo magnético B es tangente a la circunferencia de radio r y tiene el mismo módulo en todos los puntos de dicha circunferencia.



Fuera del núcleo con $r < r_a$

$$B \cdot 2\pi r = 0 \Rightarrow B = 0$$

En el interior del núcleo $r_a < r < r_b$

Cada espira del toroide atraviesa una vez el camino cerrado (la circunferencia de color rojo de la figura siguiente) la intensidad será $N \cdot I$, siendo N el número de espiras e I la intensidad que circula por cada espira, con lo cual:

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

μ_0 (permeabilidad del vacío) ó μ es la permeabilidad magnética del material que se encuentra en el interior del toroide.

Fuera del núcleo con $r > r_b$

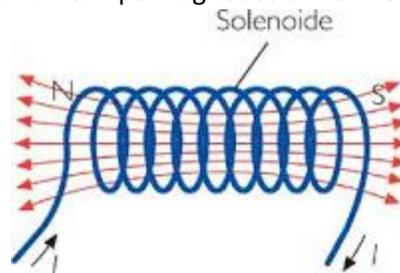
La intensidad neta es $N \cdot I - N \cdot I = 0$, y $B = 0$ en todos los puntos del camino cerrado.

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 \cdot N \cdot 0$$

$$B = 0$$

Solenoide.

Un solenoide ideal es una bobina de longitud grande cuyas espiras están muy juntas. Se puede utilizar una bobina larga y recta de hilo eléctrico, para generar un campo magnético uniforme casi similar a la de un imán de barra.



En un solenoide también se puede calcular el valor de B en un punto interior aplicando la ley de Ampère.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu \cdot \sum I_i \rightarrow \mathbf{B} \cdot L_{BC} = \mu \cdot N_{BC} \cdot I \rightarrow B = \frac{\mu \cdot N_{BC} \cdot I}{L_{BC}}$$

En la expresión del campo magnético que crea, N es el número de espiras L su longitud total.

$$B = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{L} \quad B = \mu n I$$

$\mu = k \mu_0$
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T/amp m}$
 $k = \text{permeabilidad relativa}$

Donde:

- B es el valor del campo magnético en el centro del toroide.
- μ es la permeabilidad magnética del material que se encuentra en el interior del solenoide.
- I es la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el solenoide. En el S.I. se mide en Amperios (A).
- N es el número de espiras que constituyen el solenoide.
- L es la longitud total del solenoide. Su unidad en el S.I. es el metro (m).
- n es densidad de vueltas $n=N/L$

El campo magnético está concentrado en casi un campo uniforme en el centro y paralelo a su eje del solenoide. El campo afuera es más débil y las líneas que representan el campo magnético están más separadas y tiende a cero.

Evaluando la ley de Ampere tal, que la longitud del lado paralelo al campo magnético sea L nos da una contribución interior en la bobina BL. El campo es esencialmente perpendicular a los laterales del camino, por lo que nos da una contribución despreciable. Si se toma el extremo de la bobina tan lejos, que el campo sea despreciable, entonces la contribución dominante la proporciona la longitud interior de la bobina

Solenoide con Núcleo de Hierro.

Un núcleo de hierro tiene el efecto de multiplicar en gran medida el campo magnético de un solenoide, en comparación con un solenoide con núcleo de aire (la formula general). La siguiente formula específica como se comporta un solenoide con un núcleo metálico.

$$B = k\mu_0 n I$$

Donde:

- B es el valor del campo magnético en el centro del solenoide.
- μ_0 es la permeabilidad magnética en el vacío
- I es la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el solenoide. En el S.I. se mide en Amperios (A).
- n es densidad de vueltas $n=N/L$
 - N es el número de espiras que constituyen el solenoide.
 - L es la longitud total del solenoide. Su unidad en el S.I. es el metro (m).
- k es la permeabilidad relativa del núcleo metálico. $\mu = k\mu_0$ el valor de k esta definido para cada material y también se puede obtener de la relación entre μ_0 es la permeabilidad magnética en el vacío y μ es la permeabilidad magnética del material seleccionado.

Guía 2021

22. En el experimento de Oersted, la aguja de la brújula se mueve _____ cuando pasa una corriente eléctrica por un conductor recto.

- a) a 45° de la dirección de la corriente
- b) paralela a la dirección de la corriente
- c) perpendicular a la dirección de la corriente
- d) en sentido opuesto (180°) a la dirección de la corriente

25. En un imán las líneas de campo magnético (l):

- a) no tienen dirección
- b) van del polo norte al polo sur
- c) van del polo sur al polo norte
- d) se dirigen solo de polos opuestos

b

27. Es el ángulo entre la aguja de una brújula y la horizontal:

- a) de inclinación magnética
- b) de declinación
- c) comprendido
- d) crítico

a

30. En la ley de Biot-Savart se relaciona el campo magnético con _____ en un conductor de longitud infinitesimal.

- a) distancia
- b) campo eléctrico
- c) corriente eléctrica
- d) radio del campo magnético

c

Sección MB

25. Es una aplicación del campo magnético producido por una corriente:

- a) pila
- b) electrones
- c) electroimán
- d) carga positiva

c

Guía 2020

14. Las hojas de un electroscopio cargado positivamente se separan más cuando cierto objeto es acercado a la esfera del aparato como se muestra en la figura. Esto indica que el objeto:



- a) es un aislante
- b) es un conductor
- c) está cargado positivamente
- d) está cargado negativamente

c

20. La magnetita, un mineral de hierro, es capaz de atraer materiales ferrosos; se clasifica como un imán _____.

- a) natural
- b) artificial
- c) temporal
- d) electroimán

a

21. En un imán las líneas de campo magnético (l):

- a) no tienen dirección
- b) van del polo norte al polo sur
- c) van del polo sur al polo norte
- d) se dirigen solo de polos opuestos

b

24. En la ley de Biot-Savart se relaciona el campo magnético con _____ en un conductor de longitud infinitesimal.

- a) corriente eléctrica
- b) campo eléctrico
- c) distancia
- d) radio del campo magnético

a

25. Existe un solenoide con inductancia L, con sección transversal de área a, longitud X, número de vueltas N y su núcleo tiene una permeabilidad magnética μ . Relacionar las modificaciones con el resultado producido sobre él.

Modificaciones	Resultado
1. Se incrementa al doble el número de espiras.	A. La impedancia aumenta al doble.
2. Se incrementa al triple la permeabilidad magnética.	B. La impedancia aumenta al triple.
3. Se disminuye a la mitad la longitud únicamente.	C. La impedancia aumenta al cuádruple.
4. Se disminuye a la mitad el área de la sección transversal.	D. La impedancia disminuye a la mitad.

- a) 1C, 2B, 3A, 4D
- b) 1A, 2B, 3C, 4D
- c) 1C, 2D, 3B, 4A
- d) 1A, 2C, 3D, 4B

a

26. En el modelo matemático de la fuerza magnética entre conductores rectos

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi R},$$

se puede deducir que las unidades de μ_0 , son:

- a) $\frac{N}{m}$
- b) $\frac{Nm}{A^2 m}$
- c) $\frac{N}{A^2}$
- d) $\frac{Nm}{A^2}$

c