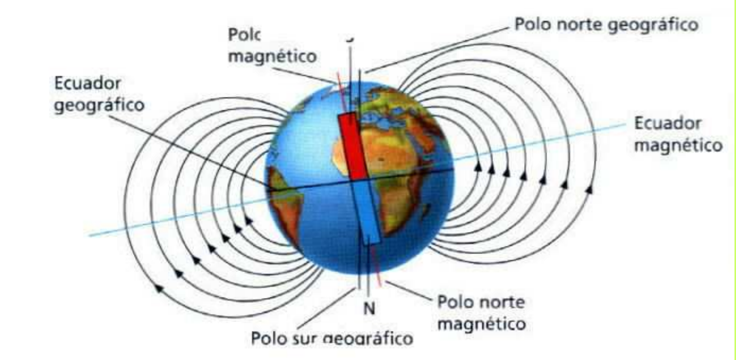
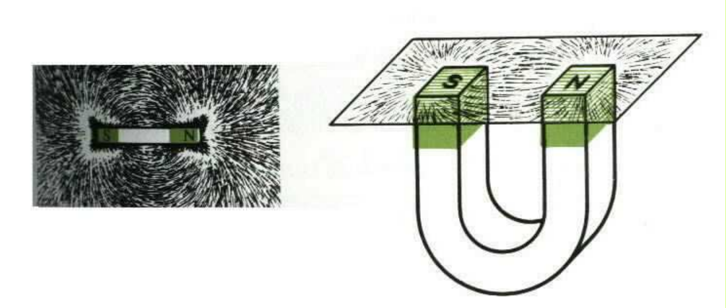
Electromagnetísmo I: Un poco de historia

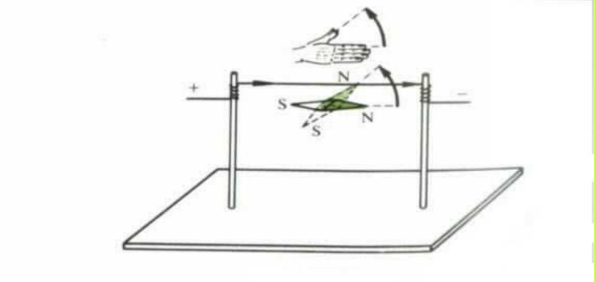
- En los siglos XI y XII se extendió el uso de la brújula
- En 1600 William Gilbert, sugiere la hipótesis de que la tierra es un gran imán
- Se sabe, desde el siglo XIX, que las corrientes eléctricas tienen propiedades magnéticas como los imanes
- ENCONTRAREMOS que: Las propiedades magnéticas de los imanes y las corrientes eléctricas tienen un origen común, el movimiento de cargas eléctricas

El polo norte del imán se orienta hacia el Sur geográfico, y el sur del imán hacia el Norte geográfico.

En 1819, OERSTED, descubre como se desvía una aguja magnética, al circular muy próximo a ella una corriente eléctrica.







Experiencia de Oersted

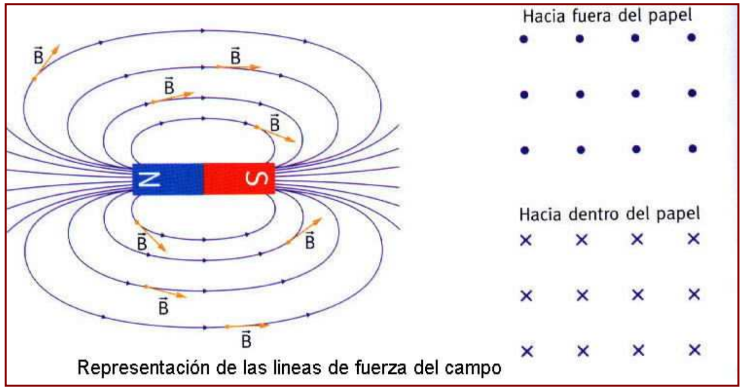
Electromagnetismo II: Interacción corriente-imán

- Una vez que se comprendió la relación entre electricidad y magnetismo, los trabajos de Ampère y J.C. Maxwell, unificaron electricidad y magnetismo en una teoría electromagnética.
- Experiencias posteriores a la de Oesrsted, confirmaron que la corrientes eléctricas producen los mismos efectos, que los imanes
- Ampère observó que las corrientes se atraían o repelían entre sí, y que podían atraer limaduras de hierro.

•En 1823 sugiere Ampère, que el magnetismo natural, era debido a "*pequeñas corrientes*", cerradas en el interior de la materia.

•En la actualidad se identifican tales "pequeñas corrientes", con el giro de electrones alrededor del núcleo.

•Por otra parte, los electrones giran sobre si mismo, (SPIN) produciendo efectos magnéticos adicionales



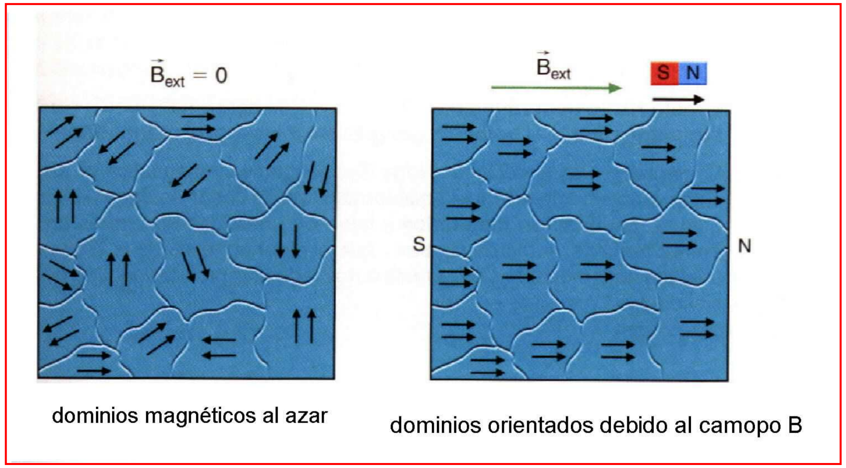
Electromagnetismo III: Magnetismo en la materia

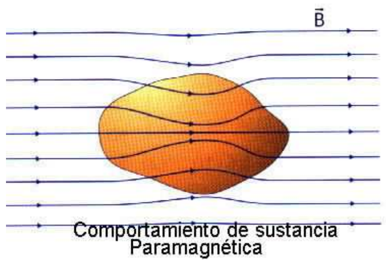
- Podremos decir, según lo que hemos visto, que toda la materia , por el hecho de estar constituida por átomos ¿es un imán?. **Rotundamente no**
- Esto se debe, a que los imanes elementales, se orientan al azar anulando sus efectos . Salvo, claro está, en ciertas sustancias en que estos dipolos están orientados en el mismo sentido.
- Hay tres tipos de sustancias:

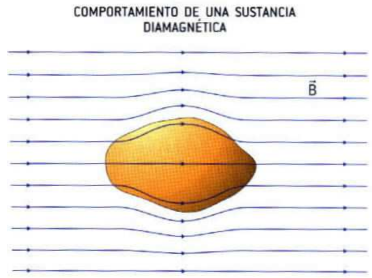
•**Diamagnéticas**, reaccionan contra el campo, son la mayoría de los compuestos químicos , los electrones se aparean de forma que se compensan sus efectos magnéticos

•**Paramagnéticas**, sus dipolos no están compensados . Ocurre con los alcalinos y la mayoría de los elementos de transición, poseen electrones desapareados.

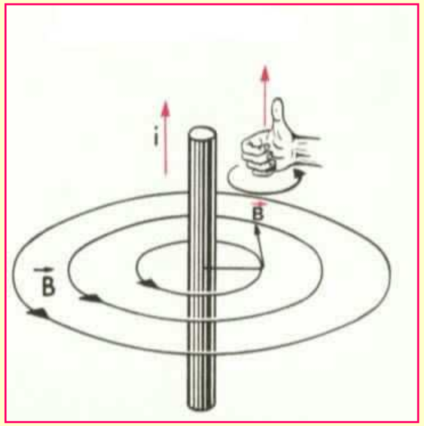
•**Ferromagnéticas**; los dipolos se organizan en dominios que se orientan con el campo magnético elementos con el Fe, Co, Ni, algunas aleaciones y algunos Óxidos como el CrO_2







Electromagnetismo IV: El campo magnético

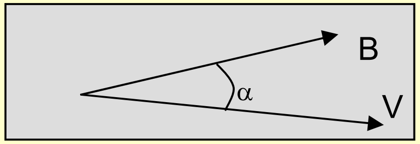


- El Campo magnético, estudia acciones entre cargas eléctricas en movimiento, entre corriente eléctricas y entre imanes.
- Una carga en movimiento es capaz de interactuar sobre otra carga en movimiento o corriente, mediante una acción denominada campo magnético.
- El campo magnético se representa mediante el vector **B** (Intensidad del campo), tangente a las líneas de fuerza del campo.
- La dirección de las líneas del campo, obedece a la regla del sacacorchos o de la mano derecha.
- La intensidad avanza con el sacacorchos, y las líneas de fuerza avanzan en el sentido de este

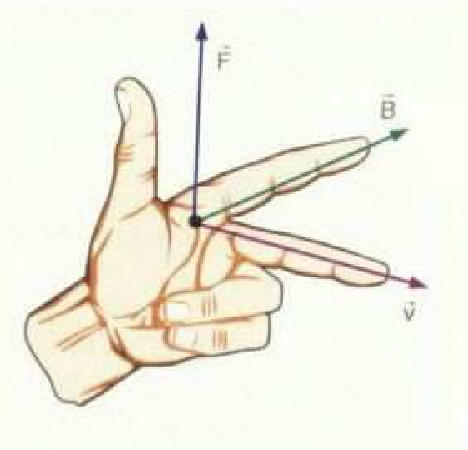
Electromagnetismo V:
Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento

- Una carga eléctrica en reposo, introducida en un campo magnético, no produce interacción alguna.
- Sobre una carga, dotada de velocidad **v,** paralela al campo **B,** no aparece sobre ella fuerza alguna.
- Si la dirección de la velocidad de esta carga forma un ángulo α, con la dirección del campo **B ,** se comprueba experimentalmente, que aparece sobre la carga una fuerza **F**=q(**v**x**B**).(ley de Lorentz)
- La regla de la mano izquierda: nos determina las direcciones de **F**, **v** y **B**: Si el campo lo indica el dedo índice, el pulgar la dirección de la fuerza, y el corazón la velocidad .
- Unidades de **B:** 1Tesla=valor de la inducción que ejerce un Nw sobre un Culombio, que se mueve a 1m/s, perpendicularmente al campo. Habitualmente se utiliza el Gauss=10^{-4} Teslas; 1Tesla= 1 Miriagaus

F=q(**v**x**B**)



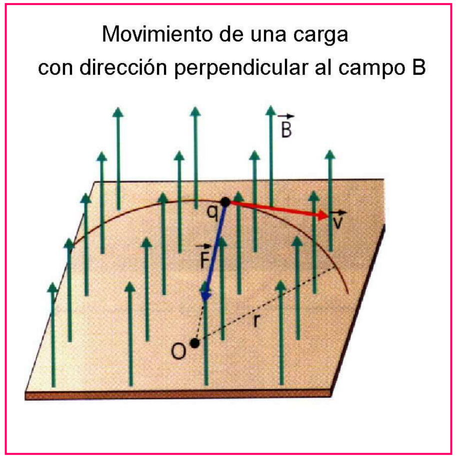
Regla de la mano Izquierda



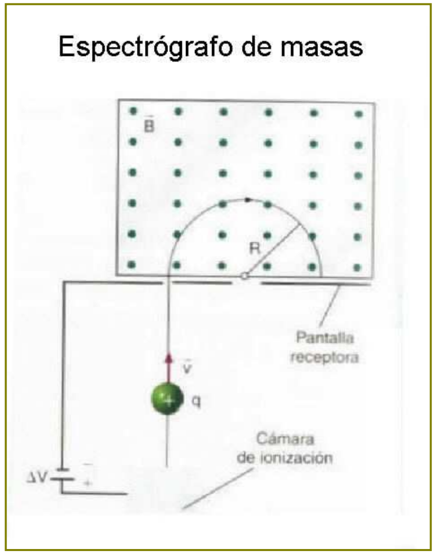
Fuerza de Lorentz: Es la fuerza que actúa sobre una carga en movimiento, en el espacio en el que coexisten, un campo eléctrico y otro magnético :

F=q**E**+q(**v**x**B**)

Electromagnetismo VI: Movimiento de una carga eléctrica, bajo la acción de un campo magnético uniforme



- 1.-Movimiento paralelo al campo :En este caso , sobre la carga no aparece ninguna fuerza, ya que F=q.v.B.sen0=0, por tanto se moverá con movimiento rectilíneo y uniforme.
- 2.-Movimiento perpendicular al campo: Aparecerá una fuerza que en módulo F=q.v.B constante y en dirección perpendicular a **v** y a **B,** esta proporciona una fuerza centrípeta tal, que si R es el radio de la trayectoria, podré escribir : $m.v^2/R=q.v.B.$ De donde $R=m.v/q.B$ Por tanto podremos decir que una partícula cargada que se introduce perpendicularmente a un campo magnético describe una trayectoria circular.



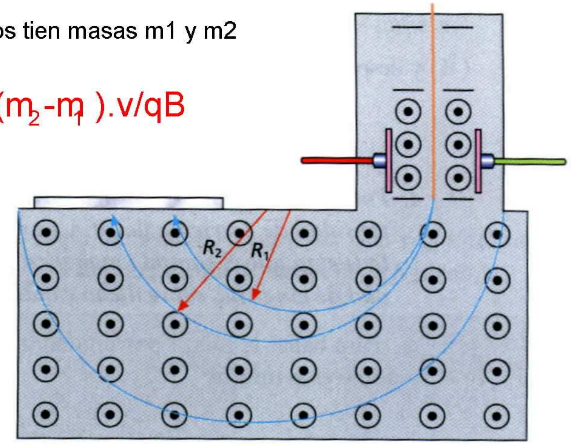
•Una aplicación práctica de este resultado es el ESPECTRÓGRAFO DE MASAS. En él los iones de los isótopos de un elemento tienen la misma carga pero diferente masa. Si se introducen perpendicularmente, y con al misma v, en un campo B, describirán trayectorias circulares con radios diferentes .

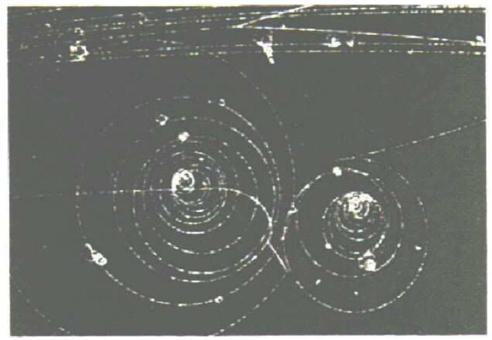
•Mediante campos magnéticos, se controlan las trayectorias de las partículas cargadas, en los aceleradores de partículas como el CICLOTRÓN, en investigación de Física de alta energía, Las trayectorias son detectadas en la cámara de niebla

Campo B uniforme , normal y hacia afuera Los iones tienen la misma v

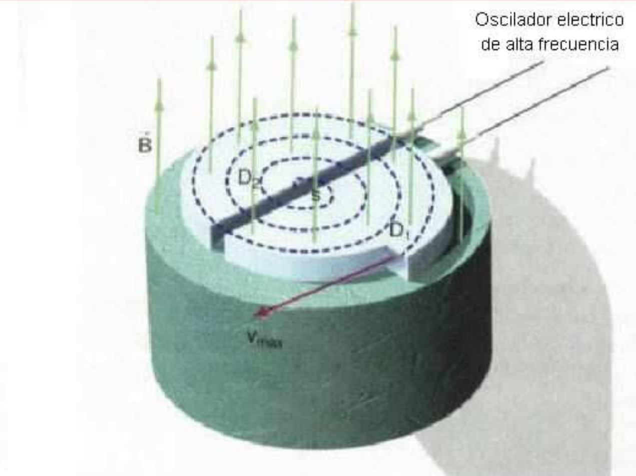
Los isótopos tien masas m1 y m2

$R_2 - R_1 = (m_2 - m_1).v/qB$





Trayectorias de cargas en un campo uniforme en la cámara de niebla



Ciclotrón

- El ciclotrón es un acelerador de partículas, que utiliza un campo magnético perpendicular a dos electrodos semicirculares llamados "***des"***, por la forma que tienen, entre los que se aplica un campo eléctrico, que cambia de polaridad con un periodo **T**. La trayectoria acaba en espiral, con velocidades muy altas a la salida del dispositivo

Electromagnetismo VIII Aplicaciones II: El Espectrógrafo

- El Espectrógrafo, consta de :
- **Cámara de ionización** donde se ionizan los isótopos de un mismo elemento, con la misma carga pero diferente masa
- **Región de aceleración de los iones**: Se lleva a cabo mediante una diferencia de potencial **ΔV**, que provoca un aumento de la energía cinética

$\frac{1}{2}mv^2= q\ \Delta V$ (ΔV=Dif de potencial)

$$v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$$

Región de desvío de Iones: Penetrando en dirección perpendicular a un campo magnético B, donde el radio de la Órbita es:

$R=mv/qB$; $m/q=BR/v$

$m/q=R^2B^2/2\Delta V$

Electromagnetismo IX: Aplicaciones III; El Ciclotrón

- El ciclotrón permite acelerar protones y deuterones
- Consta de dos recipientes metálicos llamados "***des***" por su forma colocados perpendicularmente a un campo magnético B uniforme, las "***des***" están separadas una cierta distancia
- En el centro del ciclotrón está la fuente de iones
- Si inyectamos un ión, o carga q, que se mueve con velocidad v dentro de B, describirá una trayectoria circular de radio R en la que tardará un tiempo T

$R = \frac{mv}{qB}$ Es el radio de la Órbita

Y Para el Periodo :

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{v} . \frac{mv}{qB} ; T = \frac{2\pi m}{qB}$$

•La carga q, es introducida en D_1, donde describe una circunferencia en un tiempo T/2. Al salir de D_1, es acelerada por una diferencia de potencial ΔV y entra en D_2, donde describe una circunferencia de radio mayor en el mismo tiempo T/2.

•En el preciso instante en que sale de D_2, la dif de potencial cambia de polaridad, con lo que vuelva a aumentar la velocidad de la carga en cada semicircunferencia.

•El periodo de cambio de polaridad debe ser igual a T, el del movimiento de la partícula; es la **Condición de resonancia del ciclotrón**.

•El momento en que sale tiene una $\mathbf{V_{max.}}$=

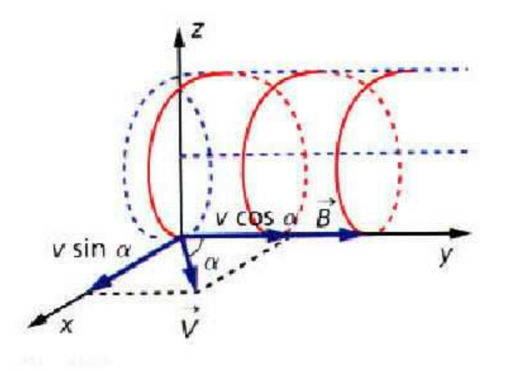
La frecuencia de resonancia del CICLOTRÓN

$$\nu = 1/T ; \quad \nu = \frac{qB}{2\pi m}$$

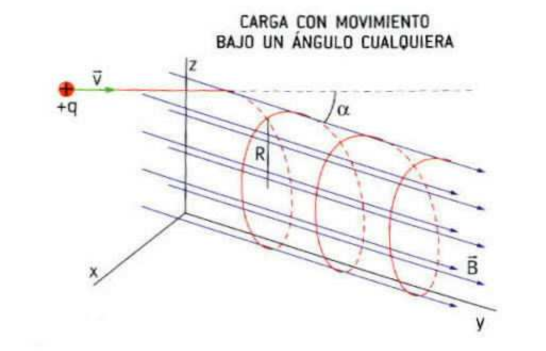
Y la Veloc máx.

$$V_{max} = \frac{qBR}{m}$$

Electromagnetismo X; La carga penetra en el campo oblicuamente



Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme. La partícula se lanza en una dirección que forma ángulo α con la dirección del campo.



Si al partícula se lanza formando un ángulo cualquiera con el campo $\vec{B}$

Sea una partícula de masa m y carga $q > 0$ lanzada, con velocidad $\vec{V}$, en un campo magnético uniforme, en una dirección que forma un ángulo α con el vector Intensidad del campo B.

Si elegimos el sistema de coordenadas indicado en la figura de la izda.

$$\vec{v} = v\text{sen}\alpha\ \vec{i} + v\cos\alpha\ \vec{j}\ ;\ y\quad \vec{B} = B\ \vec{j}.$$ la Vel. tiene dos componentes:

La perpendicular al campo $V_{perp} = v\text{sen}\alpha$ y la paralela $V_{paral} = v\cos\alpha$

La fuerza que actúa sobre la partícula es:

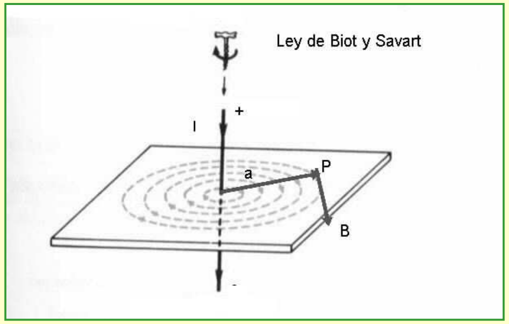
$\vec{F} = q(\vec{v}_{perp} + \vec{v}_{paral}) \times \vec{B} = q\vec{v}_{perp} \times \vec{B}$; ya que $\vec{v}_{paral}$ y $\vec{B}$ son paralelos. De donde:

La partícula tiene un movimiento circular uniforme en un plano perpendicular al campo magnético. En el plano ZX.

La componete de la velocidad, paralela al campo, no cambia, lo que obliga a un movimiento de avande simultáneo al circular. El resultado es un movimiento HELICOIDAL. Cuyo eje es la dirección del campo $\vec{B}$

Electromagnetismo XI:Leyes de Biot y Savart y. 1ª Ley de Laplace

- La ley de Biot y Savart, determina el campo creado en un punto del espacio por un elemento de corriente, veremos mas adelante que es una particularización de la 1ª Ley de Laplace:
- El campo B creado en un punto "p", a una distancia "a", por una corriente rectilínea indefinida, es ***perpendicular al plano formado por la corriente y el punto; el sentido, el del giro de un sacacorchos que avanza con la corriente***. Su valor es, directamente proporcional a la intensidad de la corriente e inversamente proporcional a la mínima distancia al conductor: ***$B=\mu.I/2.\pi.a$*** *;* donde μ es la permeabilidad magnética que para el vacío vale $\mu_0= 4.\pi.10^{-7}$Teslas.m/A.
- Respecto de la permeabilidad μ, si esta es algo menor que μ_0,se llaman DIAMAGNÉTICAS, en caso contrario PARAMGNÉTICAS.
- Unas pocas sustancias como Fe , B, toma un valor miles de veces superior se llaman FERROMAGNÉTCAS.
- Laplace, planteó el problema de hallar el campo en un punto por un elemento infinitesimal de conductor, por el que pasa una corriente. La suma de los infinitos campos elementales debiera de llevarnos a la Ley de Biot y Savart



Electromagnetismo XII;1ª Ley de Laplace

- Experimentalmente se puede comprobar, "*de qué factores*" depende el valor del campo, creado por una carga elemental móvil, y se escribieron mediante las relaciones:

$$dB = K\frac{dq \cdot v \cdot sen\,\varphi}{r^2};$$

$$d\vec{B} = K\frac{dq \cdot (\vec{v} \times \vec{r})}{r^3};$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{dq \cdot (\vec{v} \times \vec{r})}{r^3};$$

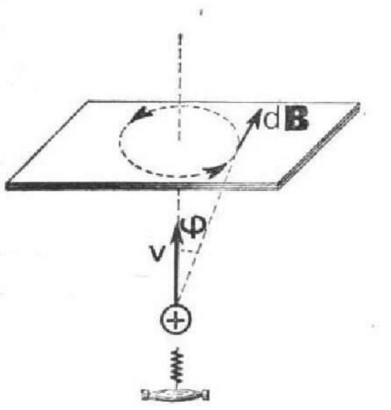
- Si Ahora considero un elemento de corriente, definido por una carga q que recorre el tramo dl en un tiempo dt, la velocidad será $\vec{v} = d\vec{l}/dt$
- Lo que nos llevará a :

$$dB = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{dq \cdot dl/dt \cdot sen\varphi}{r^2} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot dl \cdot sen\varphi}{r^2}$$

- Y por fin, en forma vectorial :
- Ecuación conocida, como la primera Ley de Laplace

$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I\left(d\vec{l} \times \vec{r}\right)}{r^3}$$

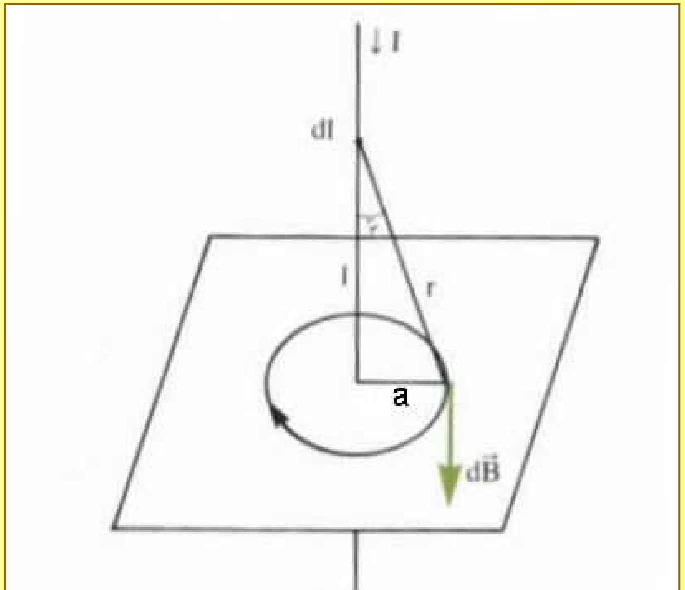
Si aplico esta ley a una corriente rectilínea e indefinida, nos llevará, forzosamente, a la Ley de Biot y Savart



Campo creado por una carga en movimiento

Electromagnetismo XIII: Obtención de la Ley de Biot y Savat, a partir de la 1ªLey de Laplace

- El campo Originado por una corriente rectilínea e indefinida, podrá considerarse, como la suma de los infinitos campos elementales producidos por cada elemento de corriente



$$dB = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot dl \cdot sen\varphi}{r^2};$$

$$sen\varphi = \frac{a}{r}; r^2 = \frac{a^2}{sen^2\varphi}; tg\varphi = \frac{a}{l}; l = actg\varphi; dl = -\frac{a}{sen^2\varphi} \cdot d\varphi$$

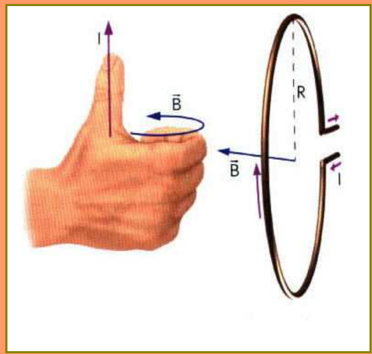
Si la corriente es indefinida, en menos infinito, el valor de φ es 180º(π) y en mas infinito es 0ºpor lo que :

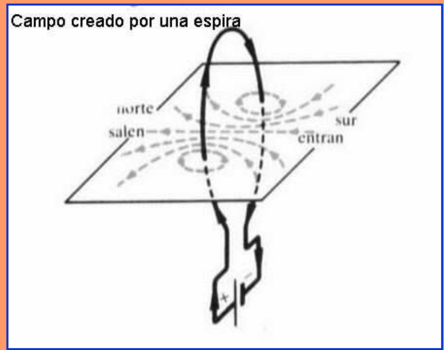
$$B = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \int_{\pi}^{0} \frac{I}{a} \cdot sen\varphi \cdot \cdot d\varphi = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I}{a} \left[-co\varphi \right]_{\pi}^{0} = \frac{2 \cdot \mu}{4\pi} \cdot \frac{I}{a}$$

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{a}$$

Electromagnetismo XIV;campo creado por una espira circular

Las líneas del campo, se determinan, tomando la espira con la mano derecha. El pulgar indicará la dirección de la corriente, el resto de los dedos indica la dirección de las líneas de fuerza, también vale aplicar la regla del sacacorchos





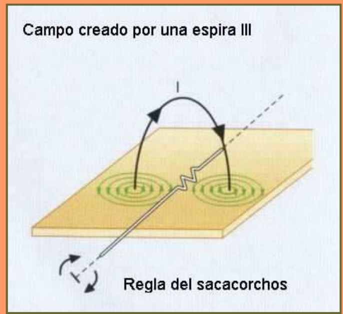
Campo creado en en el centro de una espira circular.

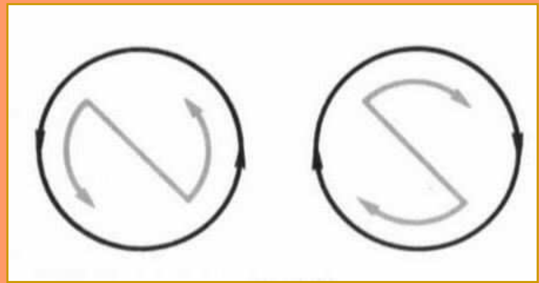
Partiremos de la primera ley de Laplace

$$dB = \frac{\mu}{4\pi}\cdot\frac{I\cdot dl\cdot sen\varphi}{r^2};\varphi = 90^{o};dB = \frac{\mu}{4\pi}\cdot\frac{I\cdot dl\cdot}{r^2}$$

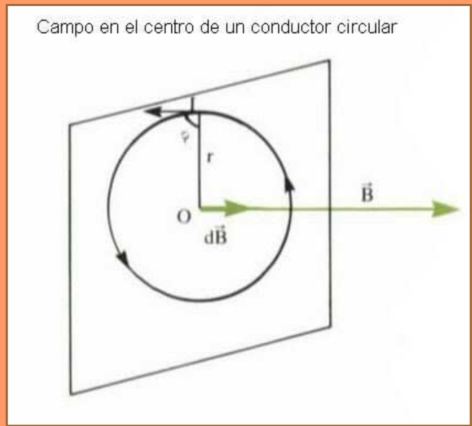
$$B = \frac{\mu}{4\pi}\cdot\int_0^{2\pi r}\frac{I\cdot dl}{r^2} = \frac{\mu}{4\pi}\cdot\frac{I}{r^2}\cdot l]_0^{2\pi r} = \frac{\mu}{4\pi}\cdot\frac{I\cdot 2\pi r}{r^2} =$$

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



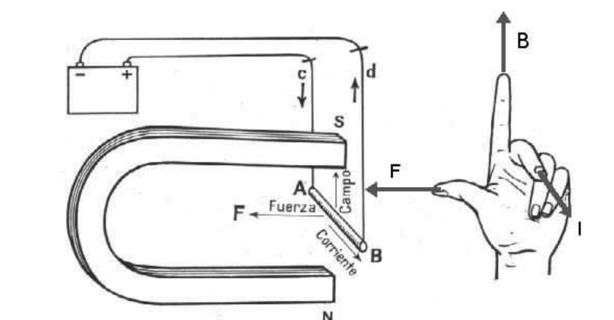


- En definitiva : $B = \frac{\mu\cdot I}{2\cdot r}$
- Y para n espiras será $B = \frac{n\mu\cdot I}{2\cdot r}$



Electromagnetismo XV; Segunda Ley de Laplace;

- 2ª Ley de Laplace
- Un elemento de corriente, de intensidad **I**, en un campo **B**, está sometido a una fuerza perpendicular al plano formado por la corriente y el campo, y cuyo sentido es el de avance de un sacacorchos que gira de **I** a **B**, por el camino mas corto, obedece a la <u>*regla de la mano izquierda*</u>.
- El valor de la fuerza que actúa sobre un elemento de conductor **dl**, por el que circula **I** es:
- ***df=B.I.dl.senφ.***(φ,es el ángulo que forman dl y B).
- En forma vectorial



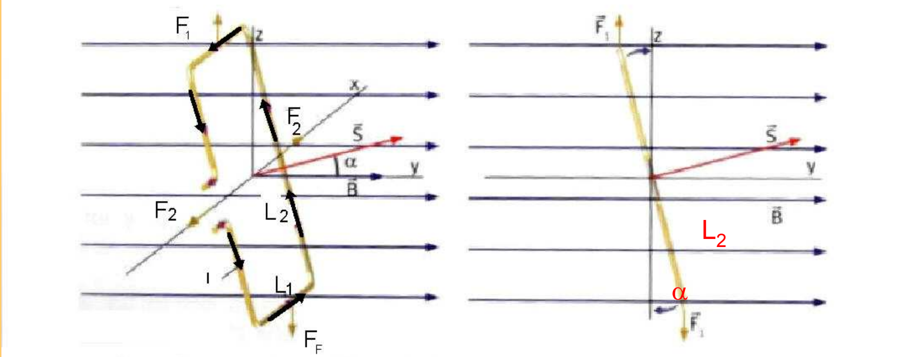
Fuerza sobre un conductor por el que circula una intensidad I

Regla de la mano Izda

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

Electromagnetismo XVI; Acción de un campo magnético sobre un circuito

- Un circuito plano, se orienta en un campo magnético perpendicularmente a las líneas de fuerza, de forma que estas *entran por la cara sur, y salen por la cara norte*.
- Consideramos una espira rectangular, de dimensiones L_1 y L_2, por la que circula I.
- Las fuerzas magnéticas sobre los lados L_2, se anulan entre sí.
- Las fuerzas sobre los lados L_1, producen un par, cuya fuerza tiene por módulo ***$F_1=IL_1B$*** (2ªLey de Laplace.)
- El momento del par, será:
- Y por último en forma vectorial

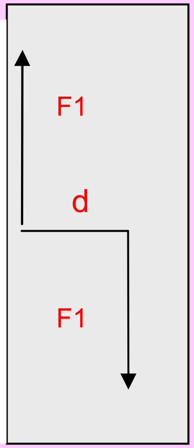


Par de fuerzas sobre un hilo conductor

•$M=F_1.d$ (d es el brazo del par); $d=L_2.\text{sen}\alpha$, Por tanto:

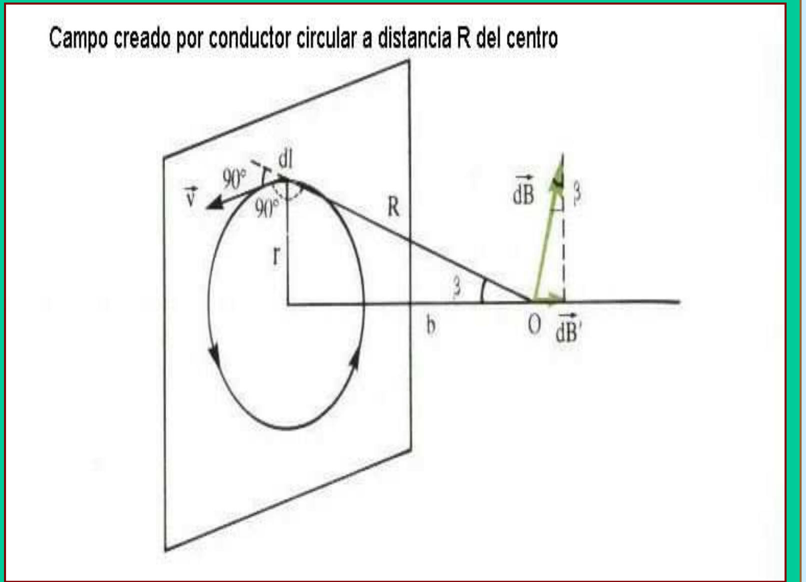
•$M=IF_1B.L_2.\text{sen}\alpha=IL_1L_2B\ \text{sen}\alpha$. ($S$=área de espira, $L_1L_2=S$), portanto:

•$M=ISB\text{sen}\alpha$



$$\vec{M} = I\left(\vec{S} \times \vec{B}\right)$$

Electromagnetismo XVII: Campo creado por una corriente circular, en un punto del eje



- Supuesta dicha corriente, formada por elementos **dl**, el campo creado por cada una de ellos, en un punto cualquiera de la recta que pasa por el centro de la espira, y es perpendicular a ella, valdrá:
- *$dB=(\mu/4\pi).Idl/R^2$*
- El vector ***dB*** será perpendicular a la recta, y su componente sobre la recta considerada valdrá:
- *$dB'=dBsen\beta= (\mu/4\pi).Idl/R^2.sen\beta$*
- Considero las componentes sobre el eje, <u>*las componentes perpendiculares al eje se anulan dos a dos*</u>.
- *$dB'= \mu/4\pi).Idlr/R^3.$*
- *El campo creado por todos los elementos de corriente, será:*

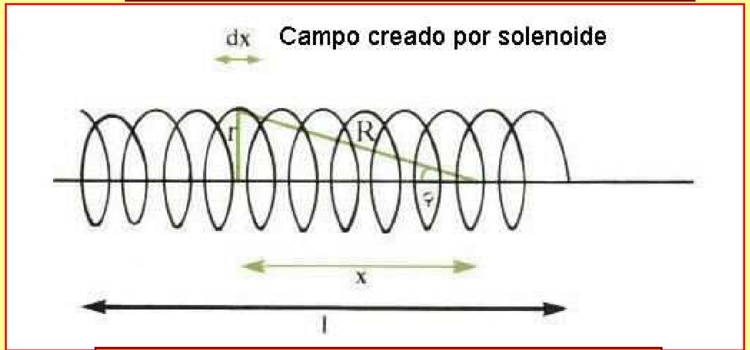
$$B' = \int_0^{2\pi r} \frac{\mu}{4\cdot\pi}\cdot\frac{I\cdot r\cdot dl}{R^3} = 2\cdot\pi\cdot\frac{\mu}{4\cdot\pi}\cdot\frac{I\cdot r^2}{R^3}$$

Y en definitiva : $B = \mu\cdot\frac{I\cdot r^2}{2\cdot R^3}$

Para n espiras: $B = \mu\cdot\frac{I\cdot r^2}{2\cdot R^3}\cdot n$

Electromagnetismo XVIII: Campo magnético creado por un solenoide recto e indefinido

- El solenoide está constituido por **N** espiras, por él circula una corriente de intensidad **I**, la regla de la mano derecha determinará la dirección del campo, solo si lo tomamos como se indica en la figura. El pulgar indica la dirección del campo, mientras el resto de los dedos con que tomamos el solenoide indican la dirección de la corriente en las espiras.
- Para calcular el campo, supondremos que el solenoide está formado por sucesivos “***elementos de solenoide”,*** que se asimilan en su comportamiento al de bobinas planas, de **n** espiras cada una, comprendidas en ***dx.*** Teniendo en cuenta esta idea, podré afirmar que el campo creado a una distancia ***x***, será



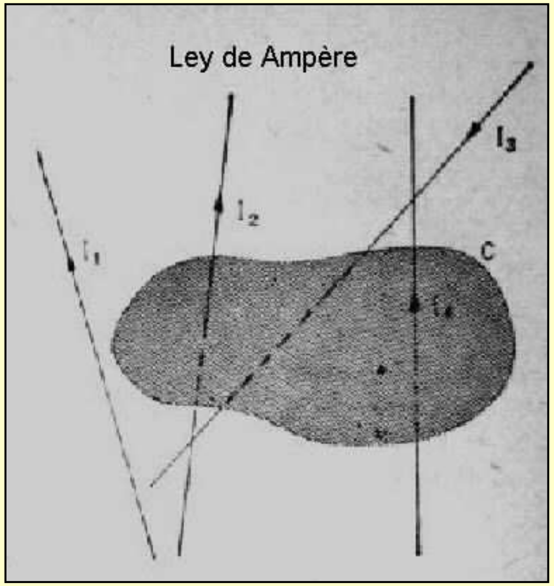
$$\left.\begin{cases} dB = \mu \cdot \dfrac{I \cdot r^2}{2 \cdot R^3} \cdot n; \\ n = \dfrac{N}{l} \cdot dx \end{cases}\right\} dB = \frac{\mu \cdot I \cdot r^2 \cdot N}{2 \cdot R^3 \cdot l} \cdot dx$$

$$sen\varphi = \frac{r}{R}; tg\varphi = \frac{r}{x}; r = Rsen\varphi. \quad dx = -\frac{r}{sen^2\varphi} \cdot d\varphi$$

Por lo tanto:

$$\begin{cases} dB = -\dfrac{\mu}{2} \cdot \dfrac{I \cdot N}{l} \cdot sen\varphi \cdot d\varphi \\ B = -\displaystyle\int_{\pi}^{0} \dfrac{\mu}{2} \cdot \dfrac{I \cdot N}{l} \cdot sen\varphi \cdot d\varphi; \\ B = \mu \cdot \dfrac{I \cdot N}{l} \end{cases}$$

Electromagnetismo XIX: Ley de Ampère



- La Ley de Biot y Savart, se puede escribir:
- *$B.2\pi.r=\mu_0.I$*
- El primer miembro de esta ecuación, se llama circulación de B, a lo largo de la circunferencia de radio r. Ampère, demostró que la expresión es válida, para cualquier línea cerrada que englobe una o mas corrientes.
- Si considero la circulación, como la suma a lo largo de la línea de los productos ***$B.\Delta l$*;** en donde ***Δl*** son los elementos de longitud de la línea cerrada, podré escribir:

$$\sum\left(\vec{B}\cdot\Delta\vec{l}\right)=\mu_0\cdot\sum I=I_2-I_3+I_4 \text{(Para la figura)}$$

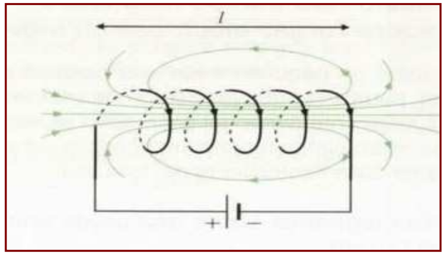
Otra forma de expresarlo sería, en general:

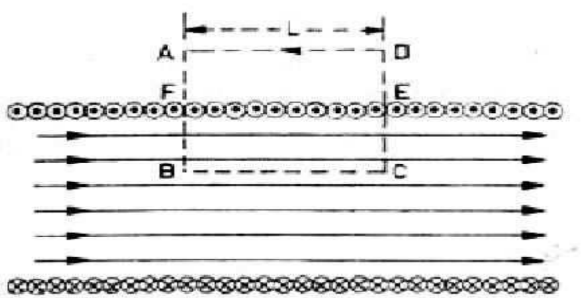
$$\oint\vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\left(I_1+I_2+I_3+.........\right)$$

La circulación de B, a lo largo de una línea cerrada, es μ_0 veces, la intensidad de corriente, o corrientes que atraviesan la superficie que delimita.(Ley de Ampère)

Con tales afirmaciones, encontramos que la circulación de B a lo largo de una línea cerrada no es cero, es decir, ***el campo magnético no es conservativo***

Electromagnetismo XX: Aplicación de la Ley de Ampère; campo en el interior de un solenoide recto e indefinido, con N espiras por unidad de longitud.





Campo magnético en el interor de un solenoide recto, indefinido co N espiras por unidad de longitu

- La ley de Ampère para el campo magnético es equivalente al teorema de Gauss para el campo eléctrico;
- El punto es corriente saliente, el aspa es corriente entrante.
- Representamos en la figura de abajo, la sección de un solenoide largo, comparado con su diámetro, de tal forma que si nos interesa sol el campo en un punto interior alejado de los extremos podremos suponerlo como indefinido.
- Postulamos de antemano que el campo en su interior es uniforme, y en el exterior es nulo; ya que el campo que producen los polos es nulo por ser infinitas las distancias al punto

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_A^F \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_F^B \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_B^C \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_C^E \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_E^D \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_D^A \vec{B}\cdot d\vec{l}$$

$$0(\text{exter})+0(\text{perp.})+\int_B^C \vec{B}\cdot d\vec{l} +0(\text{perp})+0(\text{ex})+0(\text{ext})$$

Por tanto, podré poner

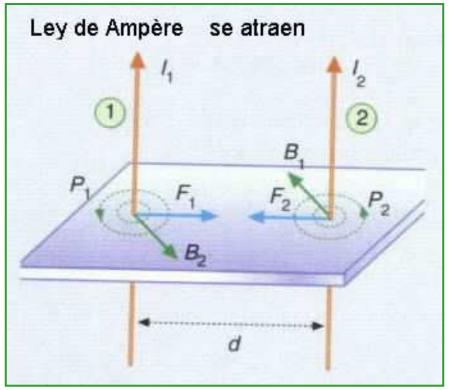
$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_B^C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_B^C B\cdot dl = B\int_B^C dl = B\cdot L$$

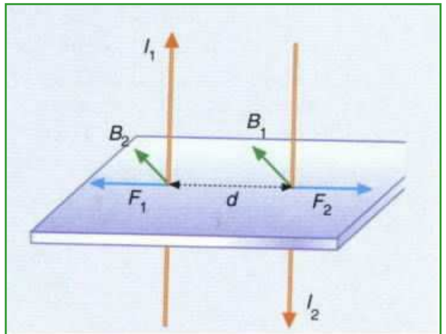
Por otro lado.

Ley de Ampère $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot N \cdot I$

I, es la intensidad que atraviesa el área de al curva **C**. Si Hay **N** espiras por unidad de longitud, tendré: $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot N \cdot L \cdot I$

Y en definitiva :B.L=μ_0.N.L.I; por tanto $B=\mu_0 .N.I/L$





Ley de Ampère conductores que se repelen

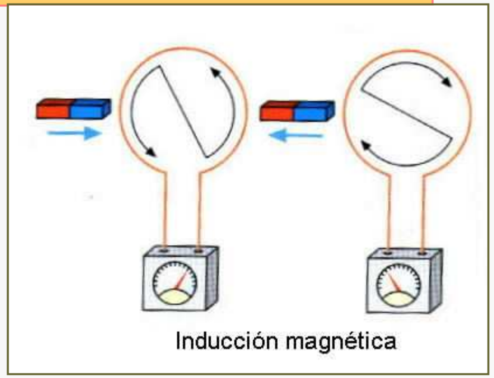
Corrientes de sentido contrario

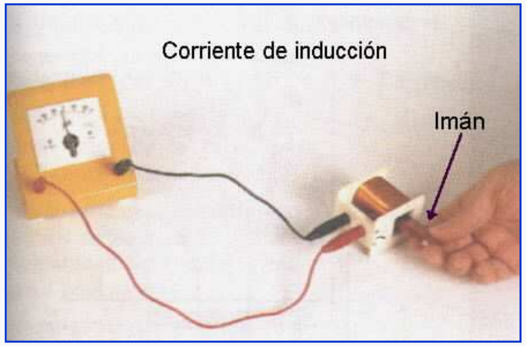
- Dos conductores, rectilíneos, por los que circulan las corrientes **I_1** e **I_2**, separados una distancia d.
- Inicialmente los suponemos recorridos por corrientes del mismo sentido (figura superior).
- Podremos aplicar a ambos la ley de Biot y Savart para obtener el campo que produce el primer conductor en un punto del segundo :
- $B_1=\mu_0.I/2\pi d\ (\alpha=90º);$ aparecerá sobre el segundo conductor
- una fuerza: $F_2=I_2.l.B_1.sen\alpha=I_1.l.B_1$; y por tanto: $\boxed{F_2=\dfrac{\mu_0\cdot l\cdot I_1\cdot I_2}{2\cdot\pi\cdot d}}$
- De la misma forma podré obtener F_1
- ***<u>De todo ello se deduce que corrientes del mismo sentido, se atraen</u>*** .

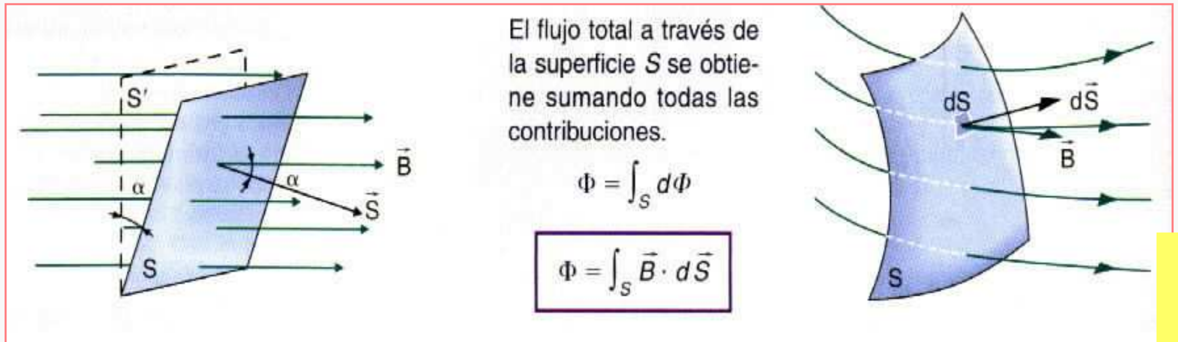
Definición de amperio:dos conductores rectilíneos paralelos, situados en el vacío a 1m. De distancia, están recorridos por un Amperio si se atraen con una fuerza de 2.10^{-7}Nw., Por metro de longitud

Electromagnetismo XXII;Inducción Electromagnética; Flujo

- En determinadas condiciones, se induce en un circuito una fuerza electromotriz(f.e.m.), capaz de generar una corriente eléctrica, sin necesidad de conexión con ninguna fuente de alimentación.
- Flujo magnético a través de una superficie **S** es el producto escalar de del vector campo ***B*** por el vector representativo de esa superficie ***S, Φ= B.S***
- En el caso de que el campo no sea uniforme, tendremos un flujo elemental para cada elemento de superficie :***dΦ=B.dS.*** Y el flujo total a través de S será: $\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$
- En el caso de que la superficie sea cerrada , como las líneas de inducción se cierran sobre sí mismas, cada una atravesará un número par de veces la superficie cerrada resultando un flujo neto ***nulo.***

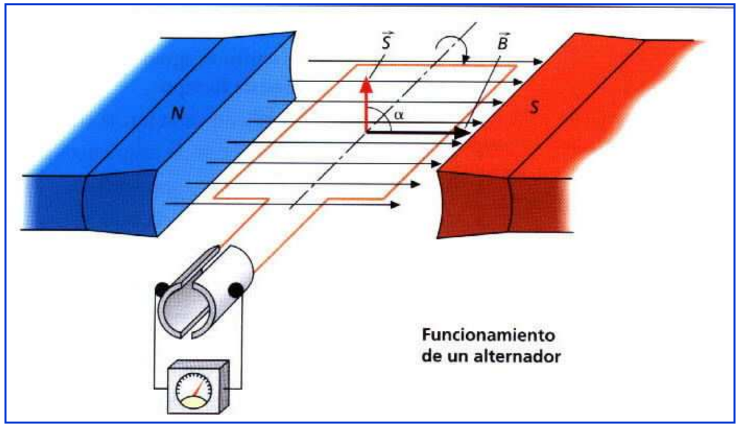






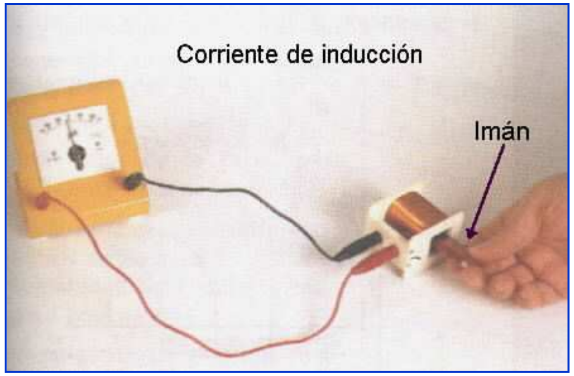
La unidad de flujo magnético es el Weber=tesla.m^2

Electromagnetismo XXIII;Leyes de Faraday-Henry;Ley de Lenz



Si observamos, tanto las figuras de la diapositiva anterior, como esta de la izda., (*no son mas que experiencias que podemos constatar en el aula)*, comprobaremos que si una o varias espiras sufren una variación de flujo magnético, podemos detectar, en ellas, una corriente, que dura, solamente mientras dura la variación del flujo. Si mantenemos el imán, fijo, desaparecerá la corriente. La espira de la figura de la izda., gira dentro del campo Magnético por lo que varía , continuamente el flujo a través de ella, produciéndose una f.e.m. de inducción

- Ley de Faraday-Henry:La fuerza electromotriz(f.e.m.) inducida en un circuito, es igual a la variación del flujo por unidad de tiempo(velocidad de variación de flujo):
- $E=d\phi/dt$
- Ley de Lenz: El sentido de la corriente de inducción, es tal, que se opone a la variación del flujo que la produce, por tanto:
- $E=-d\phi/dt$

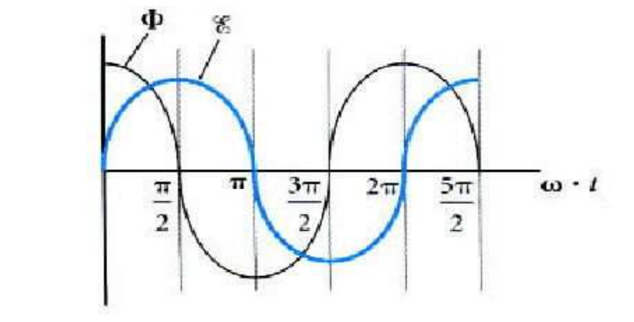


ELECTRMAGNETISMO XXIV: La f.e.m inducida, principios del generador de corriente alterna

La f.e.m. Inducida es el trabajo que realiza el generador por unidad de carga eléctrica, (*O lo que es lo mismo la energía que proporciona a la unidad de carga*) se relaciona con el campo; ***f.e.m***.= *E*= $\oint_C \vec{E}\cdot d\vec{l}$

La producción de una *f.e.m.(E) inducida* y senoidal, tiene efecto cuando provocamos, por algún medio, el giro de una espira dentro de un campo magnético. En cuyo caso si la velocidad de giro es constante (ω=cte), y podré escribir:

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



corriente alterna

Esto según la ley de Lenz produce una *f.e.m. (E)*

$$f.e.m = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mathrm{d(B\cdot S\cdot\cos\varphi)}}{\mathrm{dt}} = -\frac{\mathrm{d(B\cdot S\cdot\cos\omega\cdot t)}}{\mathrm{dt}} = B\cdot S\omega\cdot sen\omega\cdot t$$

Es decir: E=B.S.ω.senωt=E_0 .senωt

Se trata de un movimiento. Armónico simple de amplitud E_0

Formulario Electromagnetismo I

Ley de Lorentz	**F**=q(**v**x**B**)
Fuerza de Lorentz	**F**=q**E**+q(**v**x**B**)
Fuerza sobre una partícula que entra perpendicularmente a un campo magnético B	**m.v²/R=q.v.B; R=m.v/q.B**
Espectrógrafo velocidad a la salida de la cámara de ionización	**½mv²= q ΔV;** $v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$
Espectrógrafo relación carga- masa	**m/q=R²B²/2DV**
Ciclotrón: Radio de la órbita, Periodo, Velocidad máxima de salida del ciclotrón	$R = \frac{mv}{qB}$ $T = \frac{2\pi m}{qB}$ $\mathrm{V}_{\max} = \frac{qBR}{m}$
Ley de Biot y Savart	$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{a}$
1ª Ley de Laplace	$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I\left(d\vec{l} \times \vec{r}\right)}{r^3}$
Campo en el centro de una espira circular	$B = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot r}$ y para n espiras: $B = \frac{n\mu \cdot I}{2 \cdot r}$

Formulario de Electromagnetismo II

2ª Ley de Lapalce	$\vec{F} = I \cdot \left(\vec{l} \times \vec{B}\right)$; en módulo : ***df=B.I.dl.senj*.**
Momento sobre un circuito	$\vec{M} = I\left(\vec{S} \times \vec{B}\right)$
Campo creado por una corriente circular en un punto del eje	$B = \mu \cdot \frac{I \cdot r^2}{2 \cdot R^3}$ $B = \mu \cdot \frac{I \cdot r^2}{2 \cdot R^3} \cdot n$
Campo creado por un solenoide recto indefinido	$B = \mu \cdot \frac{I \cdot N}{l}$
Ley de Ampère	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots\ldots\right)$
Fuerzas Magnéticas entre corrientes	$F_2 = \frac{\mu_0 \cdot l \cdot I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot d}$
Leyes de Faraday-Henry ; Ley de Lentz	***E=df/dt ;E=-df/dt***
Fuerza electromotriz inducida	***E*=B.S.w.senwt=*E*$_0$ .senwt**