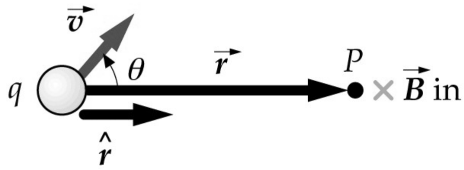
FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO

CAMPO CREADO POR UNA CARGA MÓVIL

Fenómenos magnéticos causados por una carga q:

- Si $\vec{v} = 0 \Rightarrow$ El campo magnético que origina es nulo.
- Si $\vec{v} \neq 0$, origina un campo en el punto P que verifica:



  - El módulo es proporcional a:
    - q
    - $|\vec{v}|$
    - $sen\theta$
  - Es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los puntos P y O
  - Es perpendicular tanto a $\vec{v}$ como a $\vec{r}$

En resumen:

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\vec{r}}{\vec{r}^{\,3}}}$$

μ_0: constante de permeabilidad magnética en el vacío

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}\frac{N}{A^2} = 10^{-7}\frac{Tm}{A}$$ (Sistema Internacional)

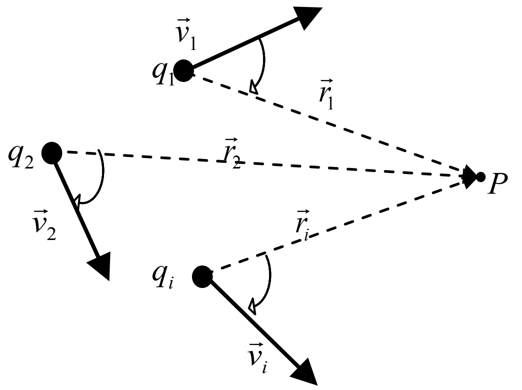
CAMPO CREADO POR UNA CARGA MÓVIL.

Ejercicio: En el tiempo t=0, una partícula de carga 12μC está localizada en x=0, y=2m; su velocidad en ese instante es $\vec{v} = (30m/s)\vec{i}$. Determinar el campo magnético en:

a) el origen
b) x=0, y=1m
c) x=0, y=4m
d) x=1m, y=3m

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN:

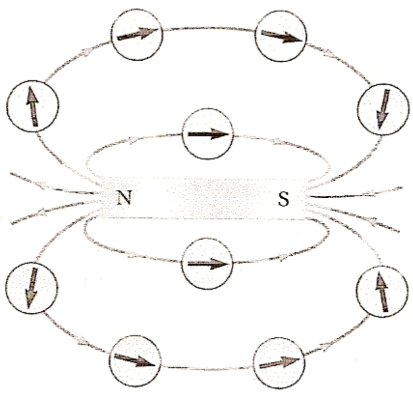
El campo creado en un punto P por varias cargas en movimiento, es la suma vectorial de los campos creados por cada una de las cargas en movimiento en dicho punto:



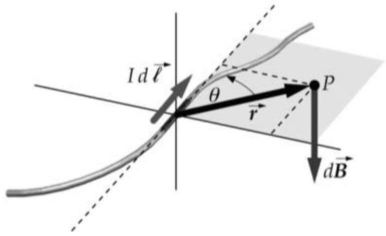
$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i = \sum_i \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v}_i \times \vec{r}_i}{r_i^3}$$

LÍNEAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

- Paralelas al vector campo magnético en cada punto
- Son cerradas



CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.



Campo magnético $d\vec{B}$ creado por un elemento diferencial de longitud $d\vec{l}$:

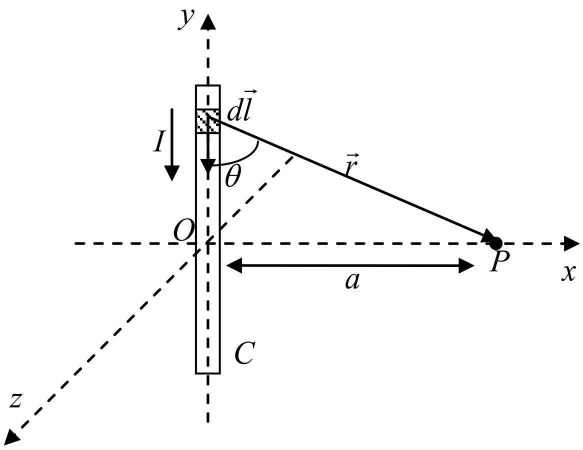
LEY DE BIOT-SAVART

$$\boxed{d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}}$$

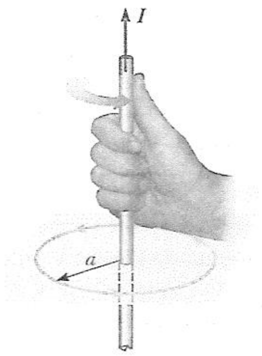
Ejercicio: Un elemento pequeño de corriente en el que $d\vec{l} = (2mm)\vec{k}$, tiene una corriente I=2A y está centrado en el origen. Hallar el campo magnético $d\vec{B}$ en el eje x en x=3m.

Conductor finito: $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_C \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$

Campo Magnético alrededor de un Conductor Recto y Delgado:



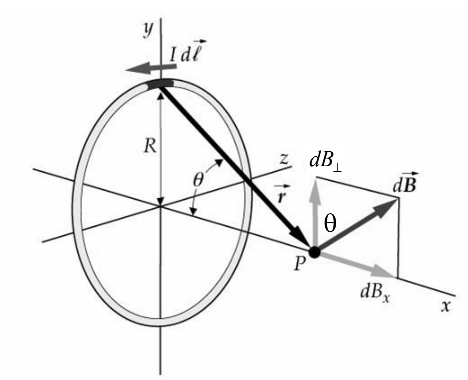
$$\left.\begin{array}{l} r = \dfrac{a}{sen\theta} \\ -y = \dfrac{a}{tg\theta} \Rightarrow dy = +\dfrac{a}{sen^2\theta}d\theta \end{array}\right\} \vec{B} = \int_C d\vec{B} = +\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} sen\theta\right)\vec{k} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right)\vec{k}$$



En términos generales: $\boxed{\vec{B} = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right)\vec{e}_\phi}$

Conductor infinitamente largo: $\vec{B} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}\vec{e}_\phi$

Campo Magnético sobre el eje de una espira de Corriente Circular:



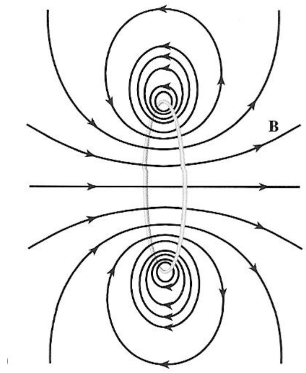
$$d\vec{l} \perp \vec{r}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\left|d\vec{l} \times \vec{r}\right|}{r^3} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I \cdot dl \cdot r \cdot sen90}{r^3} =$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I \cdot dl}{\left(R^2 + x^2\right)}$$

Campo en el centro de la espira $(x=0)$:

$$\vec{B}=\left(\frac{\mu_0 I}{2R}\right)\vec{i}$$

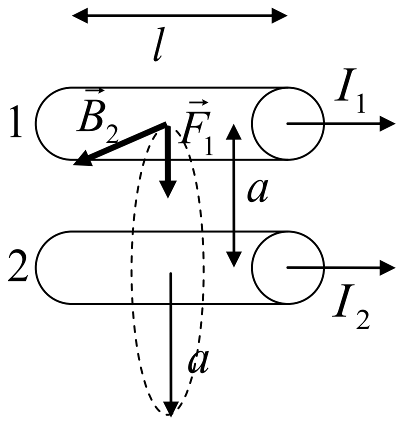


Campo lejos de la espira $\left(x>>R\Rightarrow\left(x^2+R^2\right)\approx x^2\right)$:

$$\vec{B}=\left(\frac{\mu_0 IR^2}{2x^3}\right)\vec{i}$$

Ejercicio: Una espira de alambre de 3cm de radio transporta una corriente de 2,6A. ¿Cuál es la magnitud del campo magnético sobre el eje de la espira en el centro de la espira y a 2cm del centro?

FUERZA MAGNÉTICA ENTRE DOS CONDUCTORES PARALELOS.



Cable 2: genera un campo magnético $\vec{B}_2$ en la posición del cable 1 que experimenta una fuerza magnética:

$$\vec{F}_1=I_1\vec{l}\times\vec{B}_2$$

$$\left.\begin{array}{l} F_1 = \left|\vec{F}_1\right| = I_1 l B_2 \\ B_2 = \dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi a} \end{array}\right\} F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} l$$

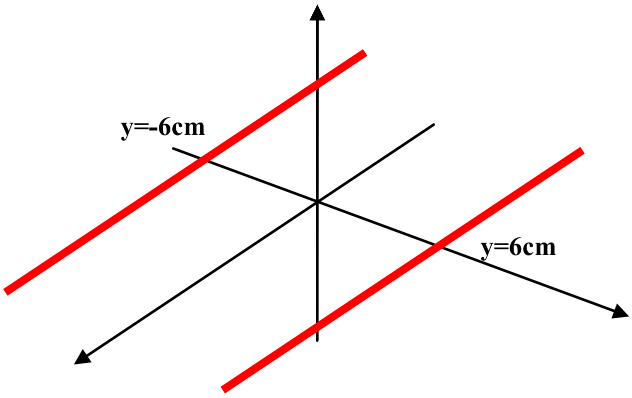
$$\boxed{\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}}$$

Los *conductores paralelos que transportan corrientes en la misma dirección se atraen, mientras que los conductores paralelos que transportan corriente en direcciones opuestas se repelen*.

Amperio: *si dos cables largos y paralelos separados por 1m transportan la misma corriente y la fuerza por unidad de longitud en cada cable es de* $2\cdot 10^{-7}\, N/m$*, entonces se dice que la corriente de cada conductor es de 1 amperio*

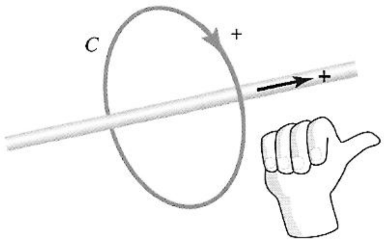
Ejercicio: Sean dos conductores rectilíneos, paralelos al eje x que están contenidos en el plano xy, como se muestra en la figura, y por los que circula una intensidad de 20A. Si las corrientes circulan en el sentido negativo del eje de las x,

a) hallar $\vec{B}$ en los puntos situados en el eje y en el origen y en y=9cm
b) calcular la fuerza por unidad de longitud ejercida por un conductor sobre el otro.



Circulación:

$$C = \int_C \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

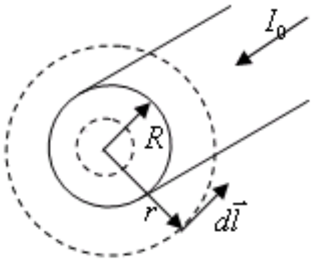


$$\left.\begin{aligned} \vec{B} // d\vec{l} \Rightarrow \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot dl \\ B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \end{aligned}\right\} C = \int_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_C \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \cdot dl = \mu_0 I$$

Ley de Ampere:

La circulación del campo magnético a lo largo de cualquier trayectoria cerrada con forma arbitraria que encierre un conjunto de corrientes estables es igual a μ_0 *por la suma algebraica de las intensidades encerradas por la misma.*

Campo Magnético producido por un Conductor Cilíndrico Recto de longitud Infinita por el que circula una Corriente permanente.

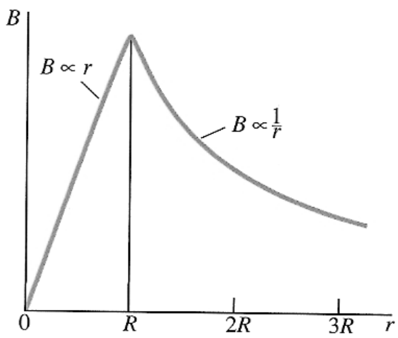


$r \geq R$:

$$\left.\begin{array}{l} \vec{B} \,//\, d\vec{l} \Rightarrow \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint B\cdot dl = B\oint dl = B\cdot 2\pi r \\ \qquad\qquad \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_0 \end{array}\right\} \Rightarrow B\cdot 2\pi r = \mu_0 I_0 \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}$$

$r < R$:

$$\left.\begin{array}{l} \vec{B} \,//\, d\vec{l} \Rightarrow \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint B\cdot dl = B\oint dl = B\cdot 2\pi r \\ \left.\begin{array}{l} \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I \\ \dfrac{I_0}{\pi R^2} = \dfrac{I}{\pi r^2} \Rightarrow I = I_0 \dfrac{r^2}{R^2} \end{array}\right\} \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_0 \dfrac{r^2}{R^2} \end{array}\right\} \Rightarrow B\cdot 2\pi r = \mu_0 I_0 \frac{r^2}{R^2} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi R^2} r$$



Ejercicio: Una corteza cilíndrica de paredes delgadas, rectilínea y larga, de radio R transporta una corriente I. Determine el campo magnético dentro y fuera del cilindro.

FLUJO MAGNÉTICO.

$$\Phi_B = \iint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}$$

Unidad de flujo magnético (SI): $1Wb = 1T\cdot m^2$

Matemáticamente, puede demostrase que el flujo magnético a través de cualquier superficie cerrada es siempre cero

$$\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Conclusión:

- el número de líneas de campo que entran en una superficie es siempre igual al número de líneas de campo que salen de la misma.
- las líneas de campo magnético son cerradas
- no existen los monopolos magnéticos.

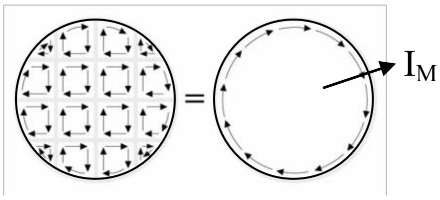
MAGNETISMO EN LA MATERIA.

La materia está constituida fundamentalmente de átomos y que cada átomo, a su vez, consiste en electrones en movimiento. Estos pequeños "circuitos" de electrones se denominan corrientes atómicas y originan también campos magnéticos.

MAGNETIZACIÓN E INTENSIDAD MAGNÉTICA.

Las corrientes atómicas se comportan como pequeñas "espiras" de momento magnético: $\vec{m}_i = i\vec{A}$.

Se define la ***magnetización*** o ***imanación*** de un material como el momento dipolar neto



Campo externo:

- $\vec{B}_0 = 0 \Rightarrow$ Imanación o magnetización nula (orientación al azar).
- $\vec{B}_0 \neq 0 \Rightarrow$el momento magnético de cada corriente atómica da lugar a un momento que hace girar la superficie encerrada por la corriente atómica. La magnetización del material es $\vec{M} = 0$ (dependiente de $\vec{B}_0$) y da lugar a un campo magnético en el material $\vec{B}_m = \mu_0 \vec{M}$.

Campo magnético en el interior del material: $\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M}$

Aplicando la ley de Ampere: $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I = \mu_0 \left(I_{libre} + I_M \right)$

Vector intensidad magnética: $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$

Ley de Ampere Generalizada:

$$\boxed{\oint_C \vec{H} d\vec{l} = I_{libre}}$$

Ejercicio: Cuando una muestra líquida se inserta en un solenoide que transporta una corriente de intensidad constante, el campo magnético se reduce en un 0,004%. ¿Cuál es la susceptibilidad magnética del líquido?

CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS MAGNÉTICAS.

a) Materiales magnéticos lineales:

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

χ_m: susceptibilidad magnética

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \Rightarrow \vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \chi_m \vec{H} = \mu_0 (1 + \chi_m) \vec{H} = \mu \vec{H}$$

$\mu = \mu_0 (1 + \chi_m)$: permeabilidad magnética.

a.1) Paramagnéticos: $\chi_m > 0 \ y \left|\chi_m\right| << 1 \Rightarrow \vec{B} \Uparrow$.

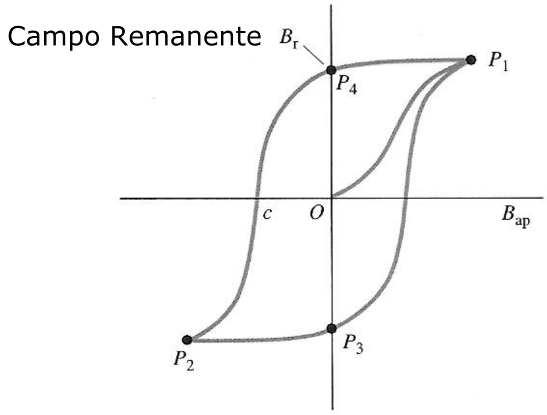
a.1) Diamagnéticos: $\chi_m < 0 \ y \left|\chi_m\right| << 1 \Rightarrow \vec{B} \Downarrow$

b) Materiales ferromagnéticos:

$$\vec{M} = \chi_m \left(\vec{H}\right) \cdot \vec{H}$$
$$\vec{B} = \mu \left(\vec{H}\right) \cdot \vec{H}$$

Características:

- Posible magnetización permanente
- Gran influencia en la inducción magnética



Curva de histéresis