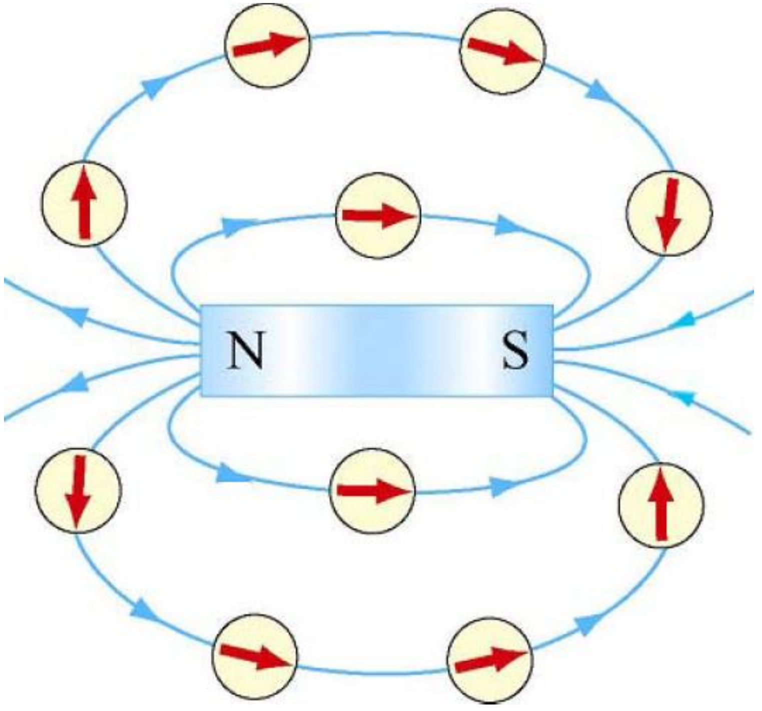
Física II- Curso de Verano 2021

Clase 4

CAMPOS MAGNÉTICOS

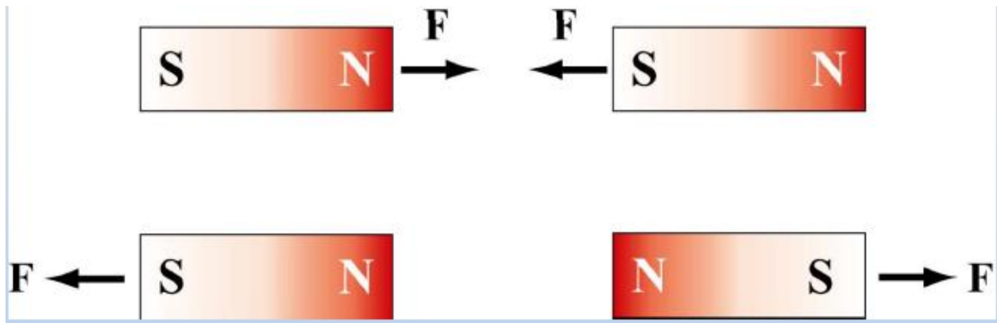
CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR UN IMÁN



(1) Un imán tiene dos polos Norte (N) y Sur (S)

(2) Las líneas de campo van de N a S

Los polos distintos se atraen y los polos iguales se repelen.



Los monopolos magnéticos aislados no existen.

Esto lo expresamos matemáticamente así:

$$\oiint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = 0$$

Ley de gauss Magnética

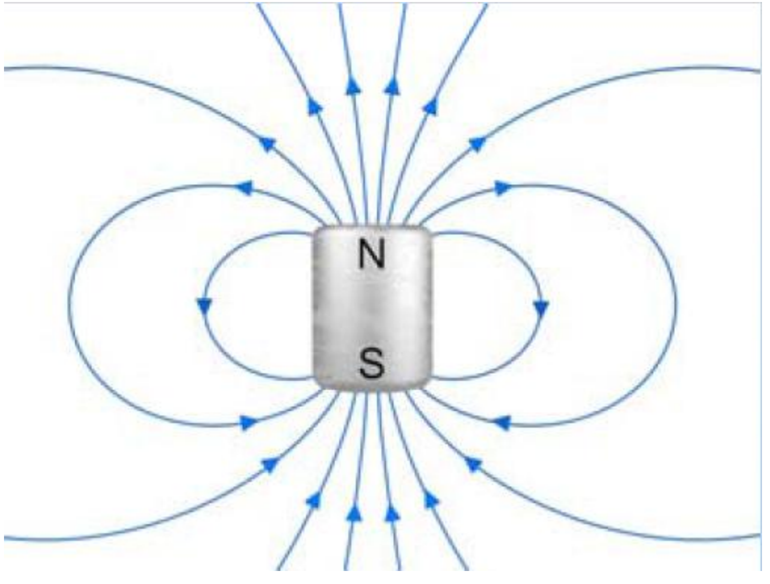
Recordemos la Ley de Gauss eléctrica:

$$\oiint_S \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$$

$$\oiint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = 0$$

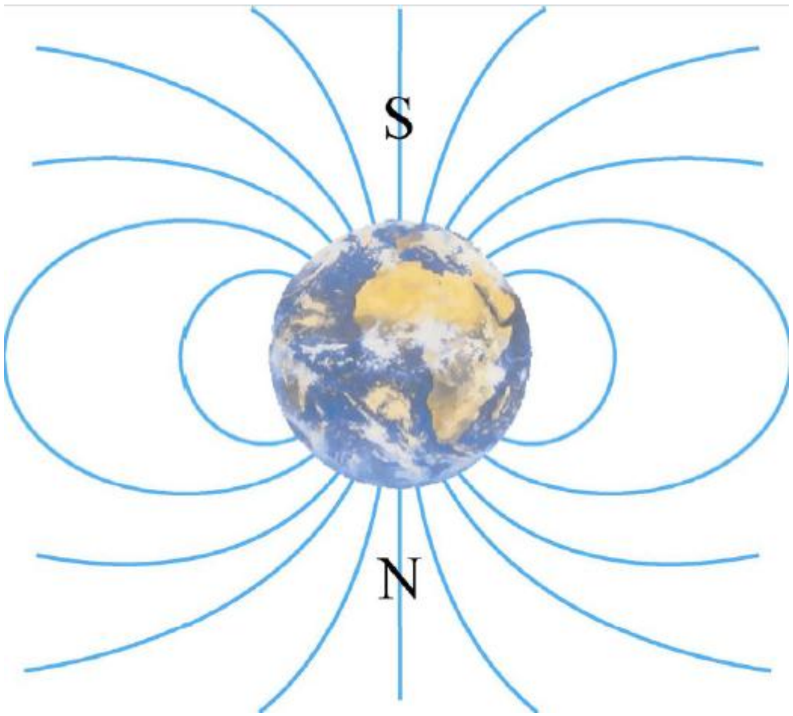
Las líneas de campo se cierran sobre sí mismas.

Entonces, ¿cómo serán las líneas de campo dentro de este imán?



1. Apuntan hacia arriba
2. Apuntan hacia abajo
3. Apuntan a la derecha
4. Apuntan a la izquierda
5. No hay líneas de campo

CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

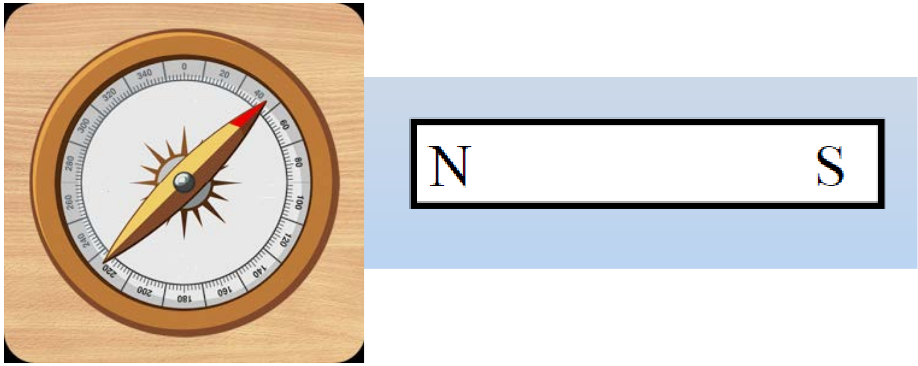


La Tierra es un dipolo magnético!

El polo N magnético está ubicado en el polo S geográfico.

PC 1- Si el imán y la brújula de la figura está arriba de una mesa, ¿hacia dónde apuntará la parte roja de la aguja de la brújula?

1. Arriba
2. Abajo
3. Derecha
4. Izquierda
5. Otra dirección



Unidades de Campo B

$$\text{Unidad de B} = \frac{\text{Newton}}{(\text{Coulomb})(\text{m/s})} = \frac{\text{N}}{\text{C . m/s}} = \frac{\text{N}}{\text{A . m}}$$

$$= 1\ \text{T (Tesla)}$$

$$1\ \text{T} = 10^4\ \text{Gauss (G)}$$

Campo terrestre:

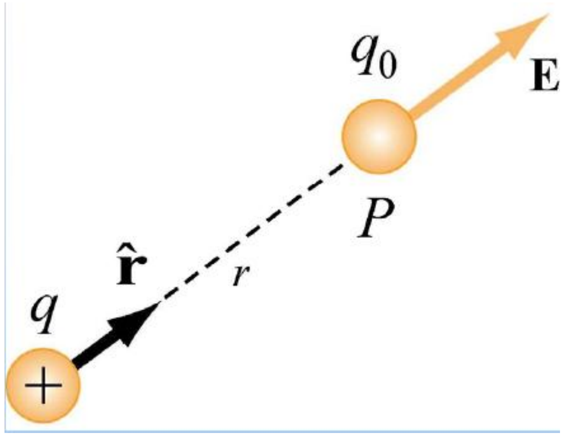
5×10^{-5} T =0,5 G

FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO

¿Cómo podemos crear campos magnéticos?

- Con imanes
- **Cargas eléctricas en movimiento**

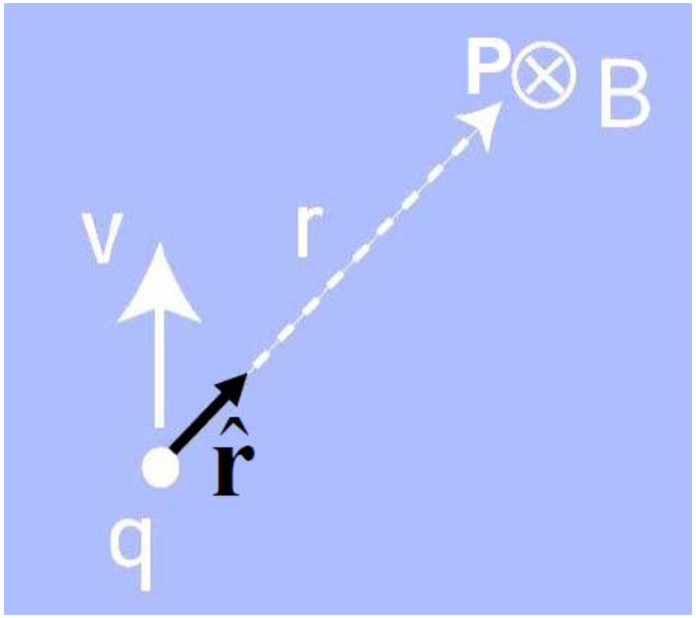
Recordemos que una carga eléctrica produce un campo eléctrico:



$$\vec{\mathbf{E}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$$

Campo magnético B debido a una carga que se mueve

Una carga q que se mueve con velocidad **v** produce un campo magnético **B**:



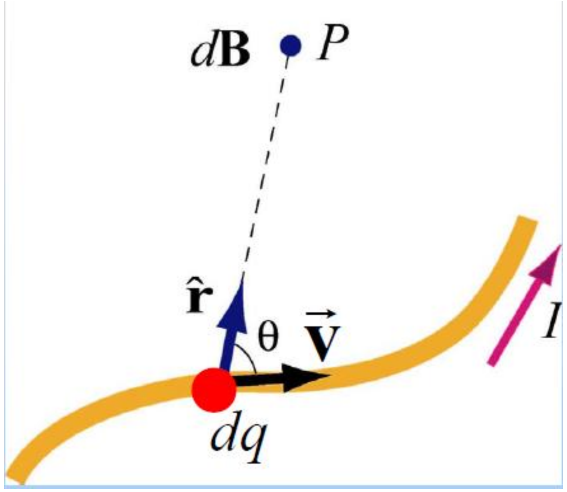
$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{q\,\vec{\mathbf{v}}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

$\hat{\mathbf{r}}$: Vector unitario que se dirije de q a P

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A}$$

Permeabilidad del espacio vacío

Campo magnético B debido a una corriente



$$\boxed{d\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\, d\vec{\mathbf{s}}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}}$$

Ley de Biot Savart

$$\vec{\mathbf{B}} = \int_{\text{wire}} d\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{\text{wire}} \frac{d\,\vec{\mathbf{s}}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

d**B** es la contribución del elemento de corriente Id**s**

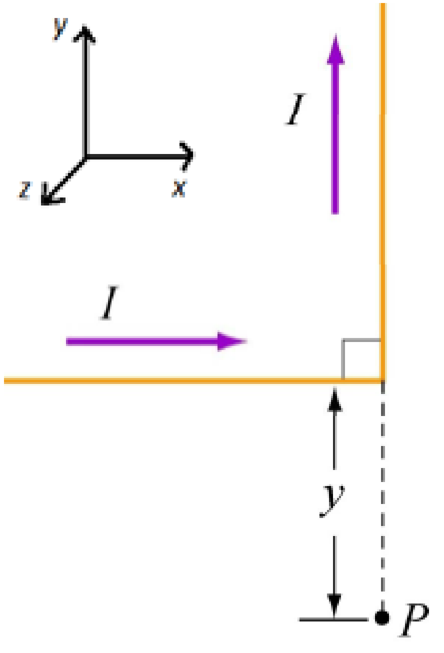
r: es la distancia desde el elemento de corriente hasta el punto

$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}$ T ·m/A (permeabilidad del espacio vacío)

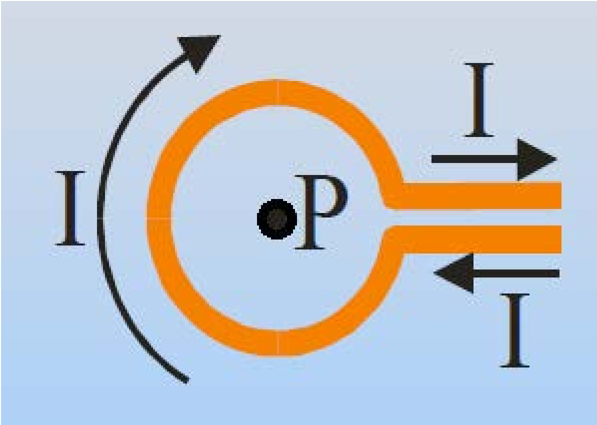
PC 2

El campo magnético en el punto P apunta:

1. En la dirección de X positivo
2. En la dirección de y positivo
3. En la dirección de z positivo
4. En la dirección de X negativo
5. En la dirección de y negativo
6. En la dirección de z negativo
7. El campo es nulo.

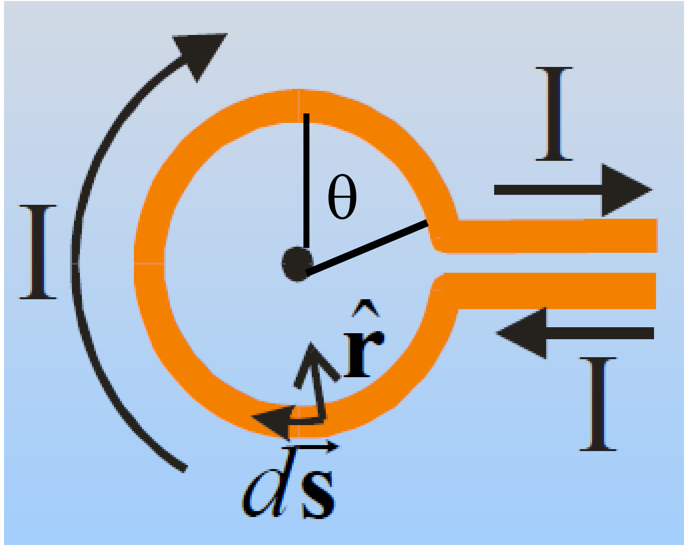


Ejemplo: Considere una espira de radio R por la que circula una corriente I como la de la figura. Encontrar el campo **B** en el punto P (centro de la espira.



Resolución:

1-Las secciones rectas no contribuyen a **B** en el punto P porque el vector r es paralelo a I (dibújelo).
2- Tenemos que usar la ley de Biot Savart para calcular el campo debido a la sección circular.



Para la parte circular

$$d\,\vec{\mathbf{s}} \perp \hat{\mathbf{r}} \quad \rightarrow \quad |\,d\,\vec{\mathbf{s}} \times \hat{\mathbf{r}}\,| = ds$$

Biot Savart

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{\left|d\vec{\mathbf{s}} \times \hat{\mathbf{r}}\right|}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{ds}{r^2}$$

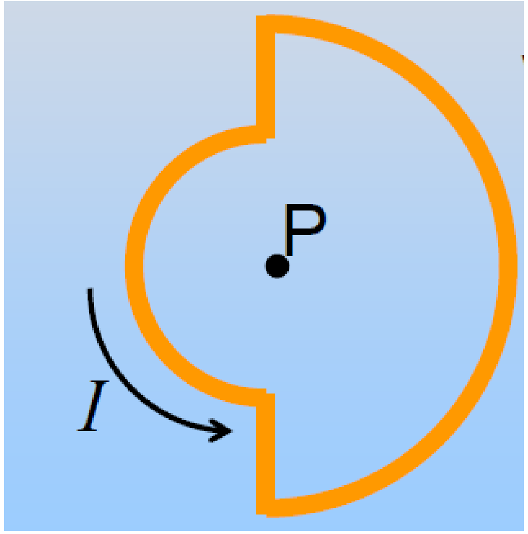
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{R\,d\theta}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\theta}{R}$$

$$B = \int dB = \int_0^{2\pi}\frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\theta}{R} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(2\pi)$$

$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Sentido: Entrando a la página

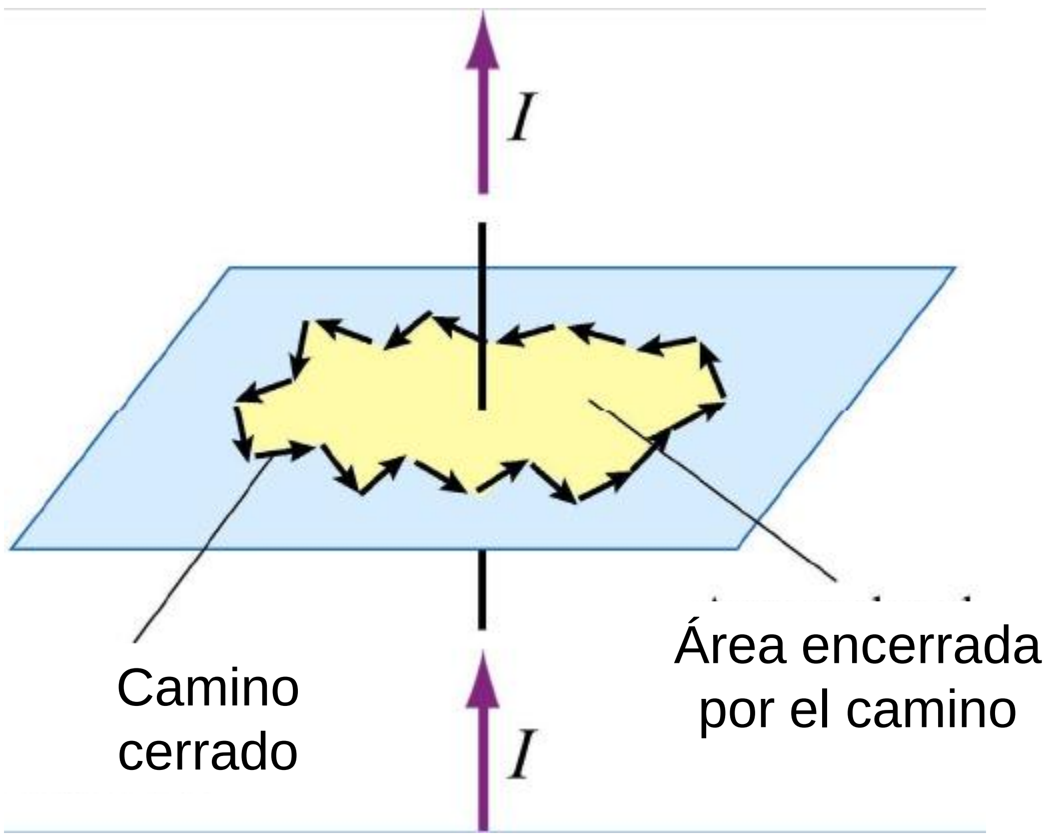
Ejercicio- Encontrar B en el punto P en la siguiente situacion:



Una espira tiene radio R y la otra 2R.

Ley de Ampere

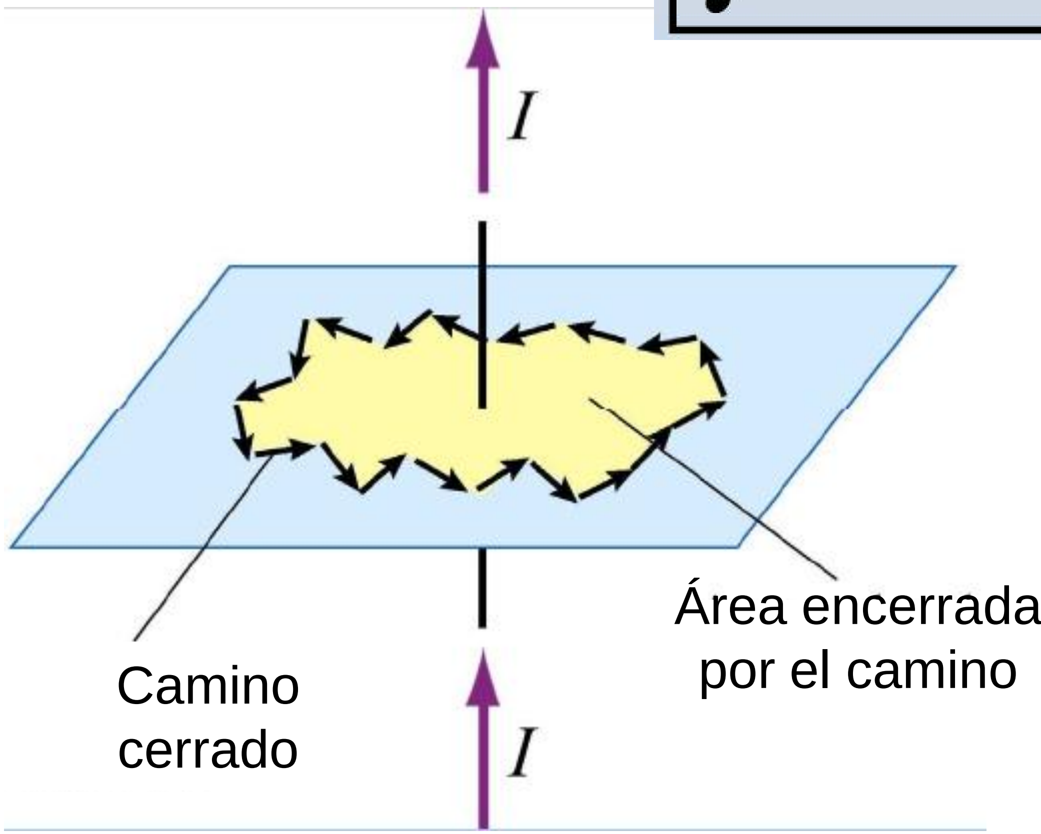
Ley de Ampere: la idea



Para tener un campo magnético total no nulo alrededor del lazo cerrado una corriente tiene que atravesar el área que delimita el lazo.

Ley de Ampere: la expresión matemática (ecuación)

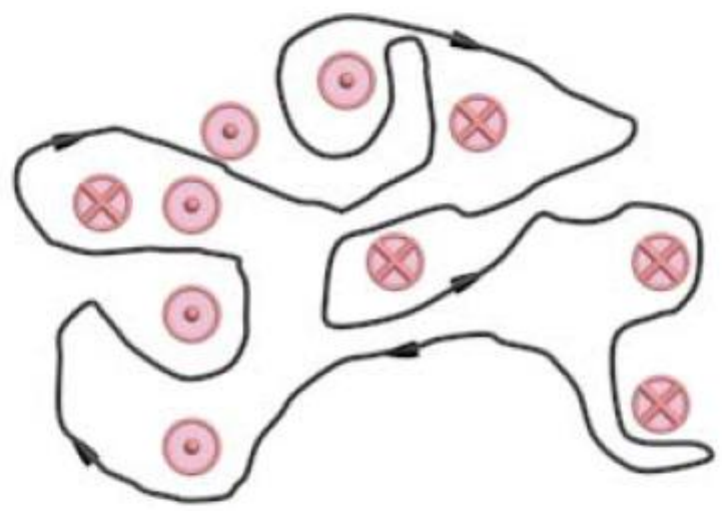
$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = \mu_0 I_{enc}$$



La integral de línea del campo magnético a lo largo de una trayectoria cerrada que encierra una superficie (S) es proporcional a la corriente que atraviesa la superficie delimitada por esa curva.

$$I_{enc} = \iint_S \vec{\mathbf{J}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

PC 3: La integral de **B** a lo largo de la curva de la figura es:

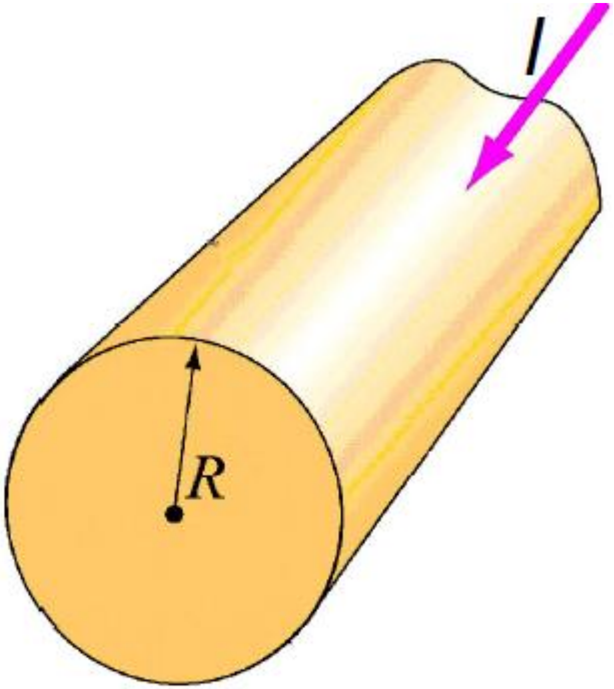


1. Positiva
2. Negativa
3. Nula

IMPORTANTE

La ley de Ampere vale para cualquier distribución de corrientes y para cualquier curva cerrada, pero sólo es útil para calcular campos magnéticos en ciertas ocasiones en las cuales hay simetría en la distribución de corrientes.

EJEMPLO: Conductor infinito



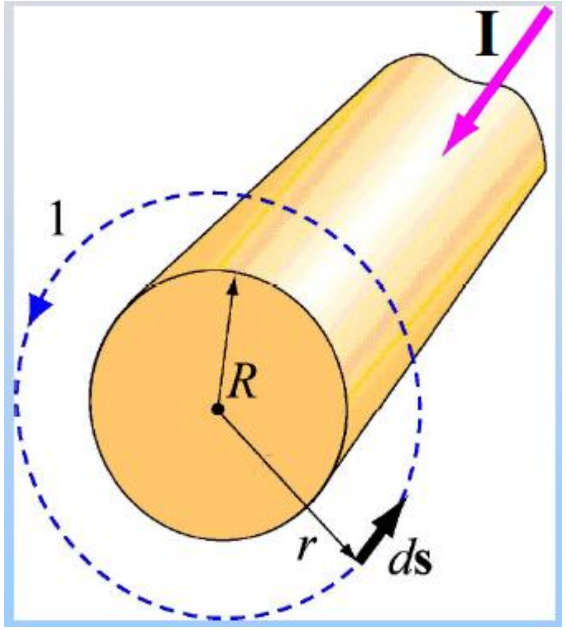
Por un conductor cilíndrico de radio R circula una corriente I. Calcular el campo

(a) fuera (r>R) y

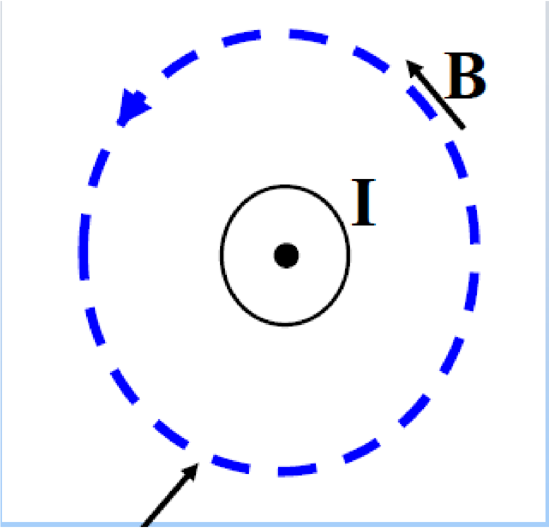
(b) dentro (r<R) del conductor

Resolución

(a) r > R



Simetría cilíndrica

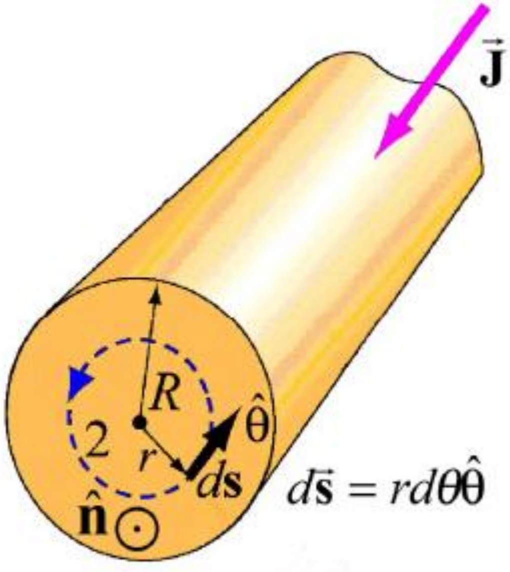


Amperiana: **B** es constante y tiene la dirección de la curva en todos los puntos.

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = B \oint ds = B(2\pi r) = \mu_0 I_{enc} = \mu_0 I$$

$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \hat{\theta}$$

(b) r < R



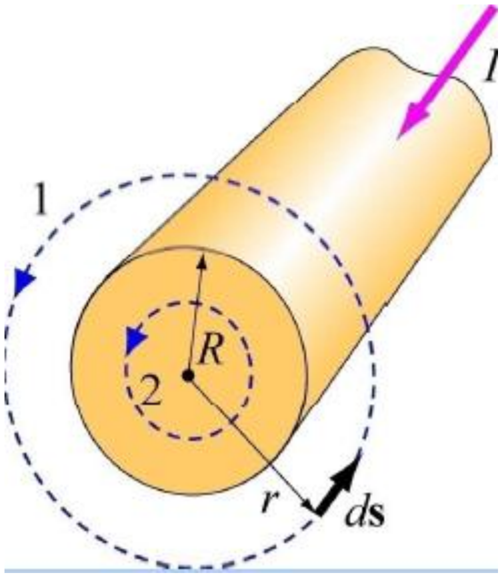
$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = B \oint ds = B(2\pi r)$$

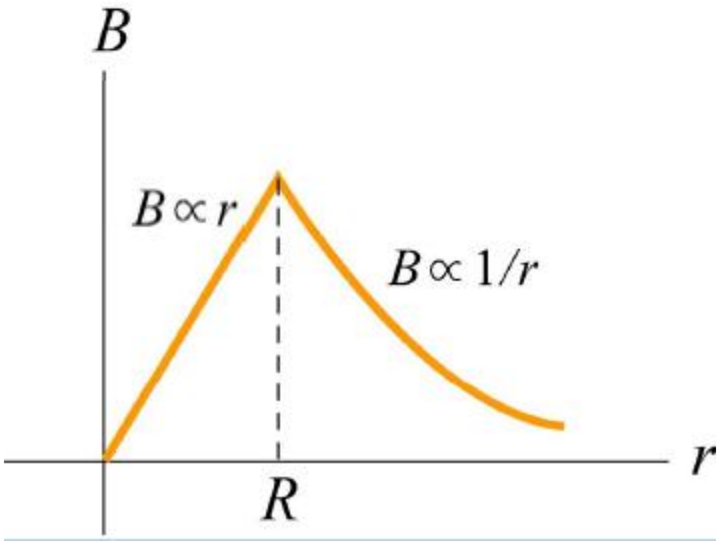
$$= \mu_0 I_{enc} = \mu_0 I \left(\frac{\pi r^2}{\pi R^2} \right)$$

$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \hat{\boldsymbol{\theta}}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{I}{\pi R^2}$$

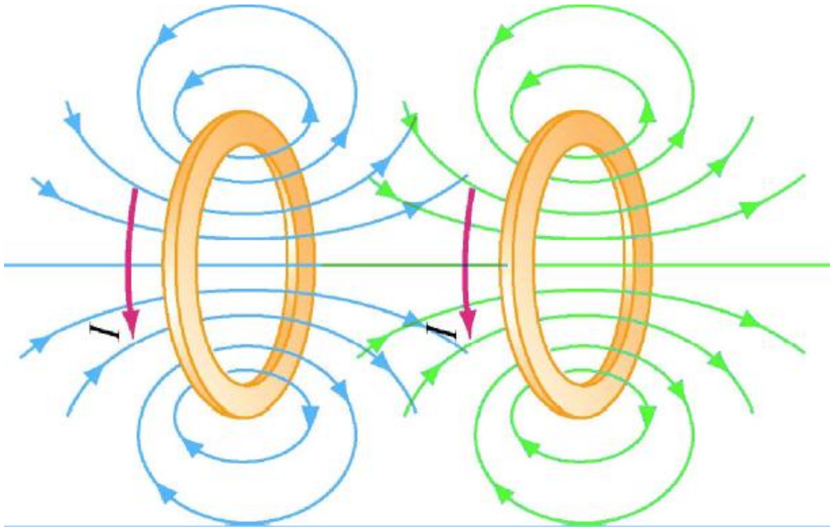
$$I_{enc} = J A_{enc} = \frac{I}{\pi R^2} (\pi r^2)$$



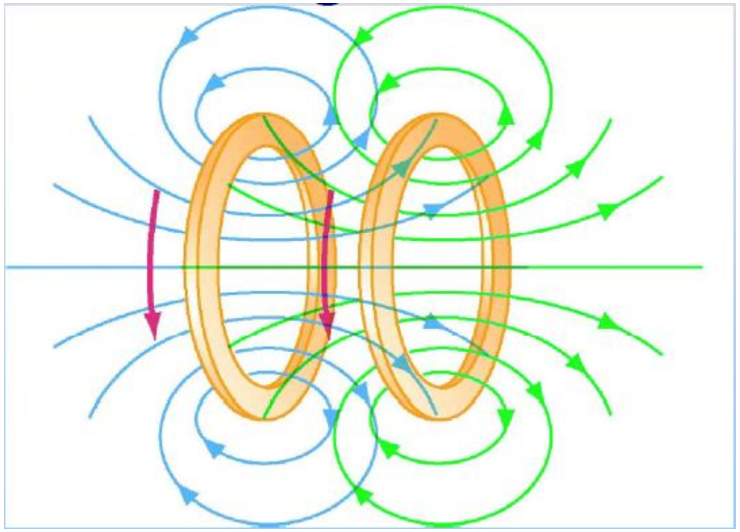


$$B_{in} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \qquad B_{out} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

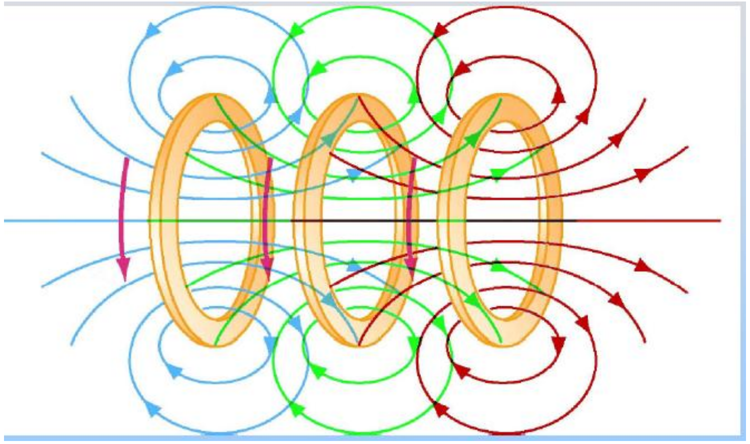
2 espiras



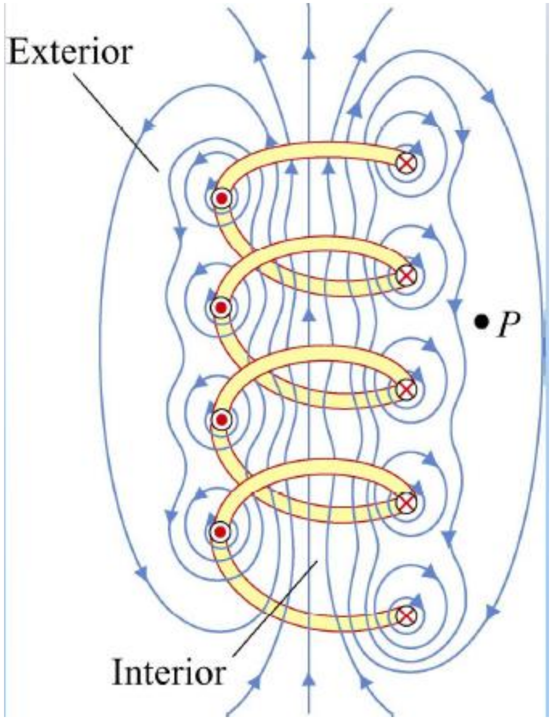
2 espiras más próximas

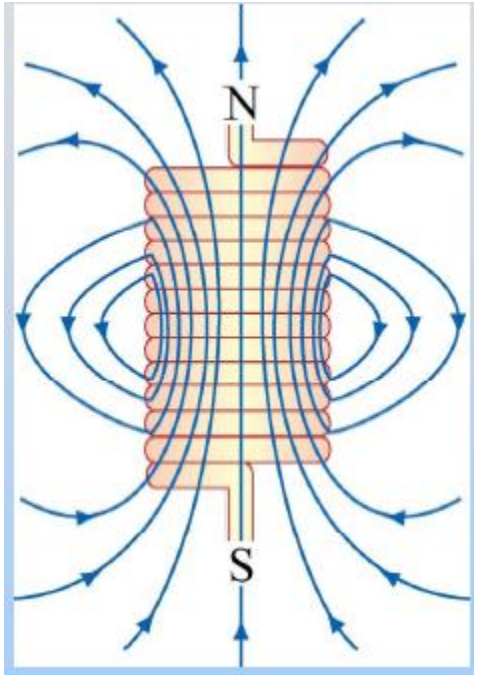


3 espiras



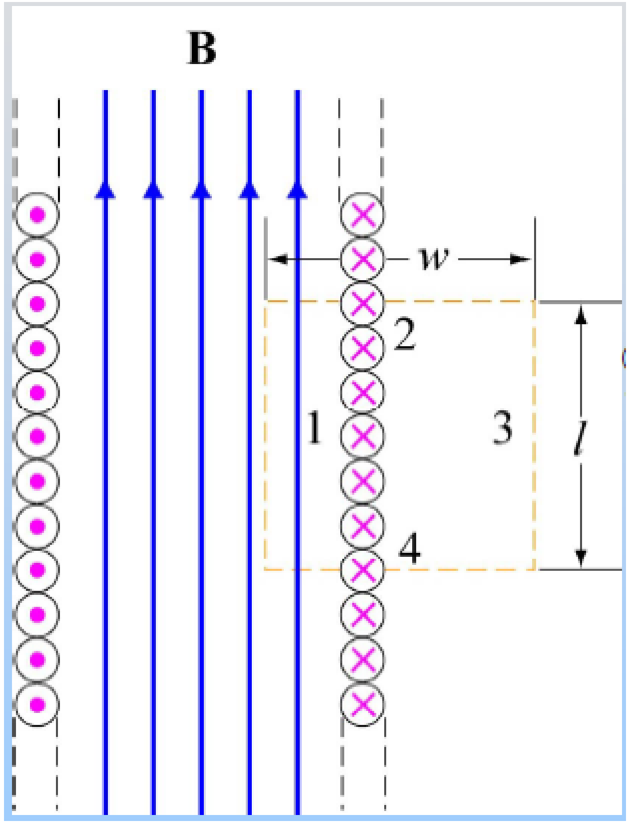
Muchas espiras: **SOLENOIDE**





SOLENOIDE IDEAL: **B** es uniforme adentro y cero afuera

CAMPO MAGNÉTICO DEBIDO A UN SOLENOIDE IDEAL



$$\begin{cases} \vec{\mathbf{B}} \perp d\,\vec{\mathbf{s}} \\ \vec{\mathbf{B}} = 0 \end{cases}$$ en 2 y 4

en 3

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}} = \int_1 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}} + \int_2 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}} + \int_3 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}} + \int_4 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}}$$

$$= \quad Bl \quad + \quad 0 \quad + \quad 0 \quad + \quad 0$$

$$I_{enc} = nlI$$

n número de vueltas por unidad de longitud

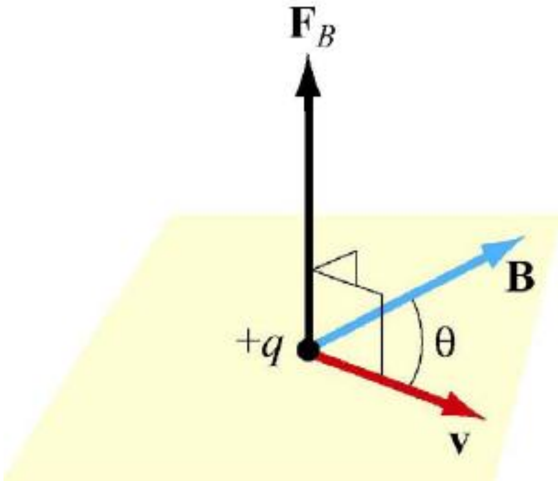
$$n = N / L$$

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}} = Bl = \mu_0 nlI$$

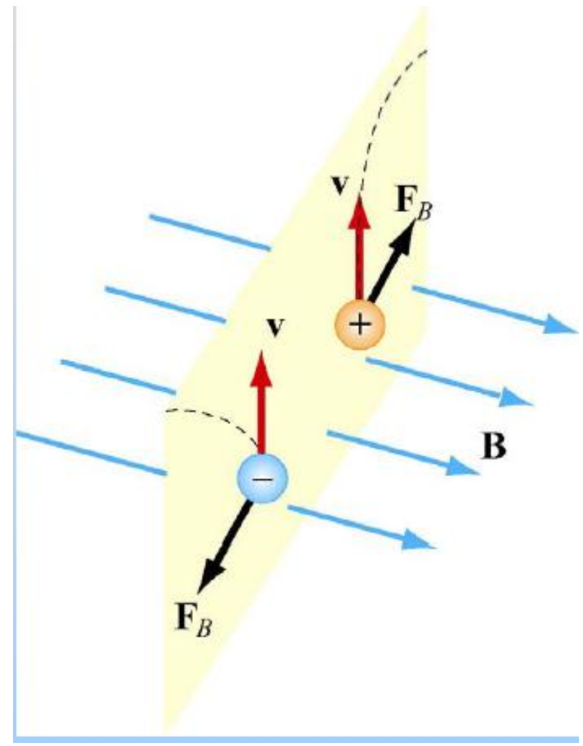
$$\boxed{B = \frac{\mu_0 nlI}{l} = \mu_0 nI}$$

FUERZA MAGNÉTICA

Las cargas se mueven bajo la acción de un campo magnético.



$$\boxed{\vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}}$$

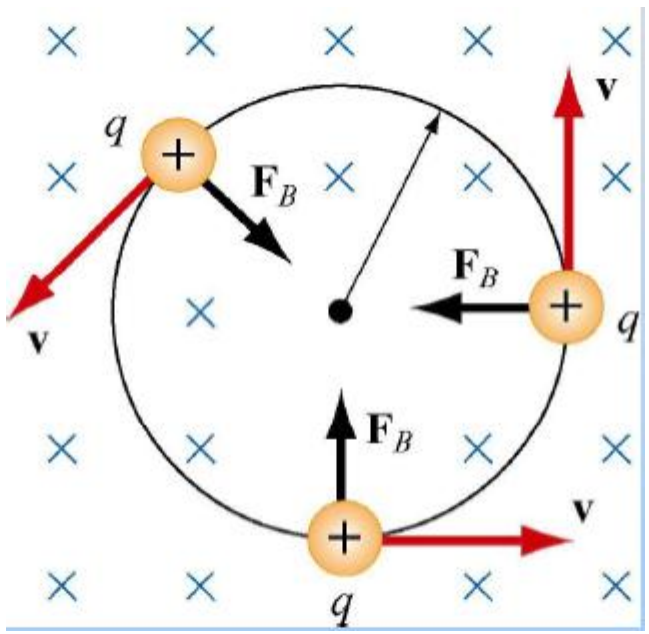


La fuerza magnética es perpendicular a la velocidad de la carga (**v**) y al campo magnético (**B**)

$$\vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}$$

$$\text{Unidad de B} = \frac{\text{Newton}}{\text{(Coulomb)(m/s)}} = 1\ \text{T (Tesla)}$$

Movimiento de una carga en un campo magnético uniforme



Como $\mathbf{F_B}$ es perpendicular a la velocidad de la carga no cambia la magnitud de la velocidad sino sólo su dirección. La partícula sigue un movimiento circular, $\mathbf{F_B}$ es la fuerza radial.

$$\boxed{\vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}}$$

$$qvB = ma = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

Período

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\boxed{\omega = 2\pi f = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}}$$

Velocidad angular

Fuerza de Lorentz

Carga en un campo eléctrico:

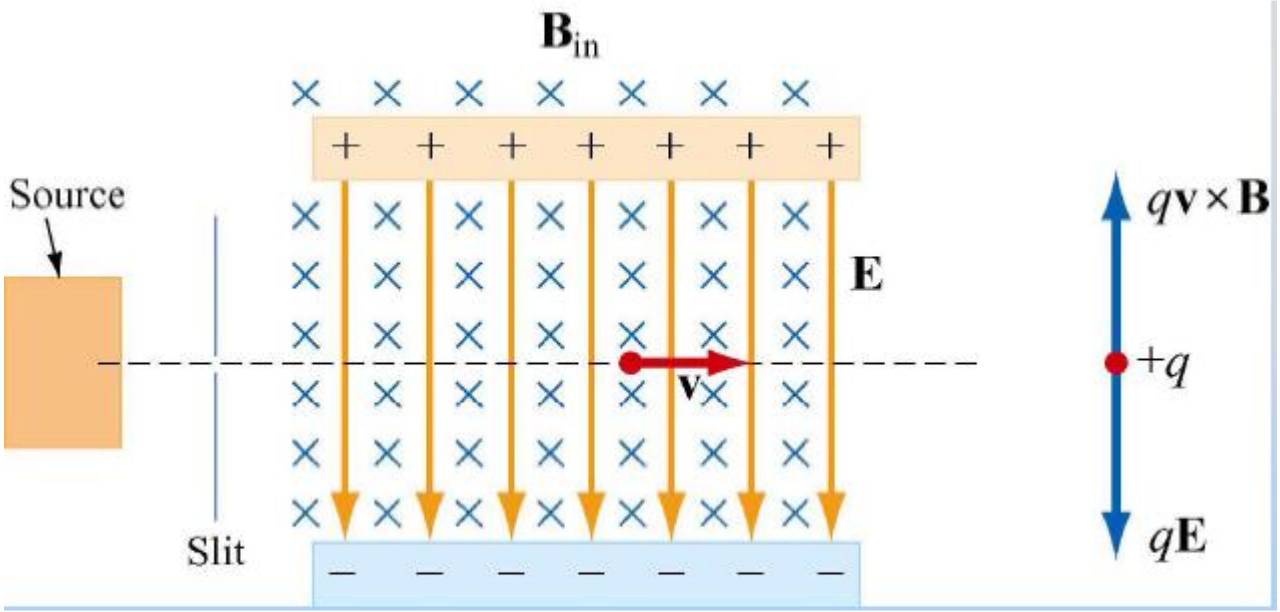
$$\vec{\mathbf{F}}_E = q\vec{\mathbf{E}}$$

Carga en un campo magnético

$$\vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}}\times\vec{\mathbf{B}}$$

$$\boxed{\vec{\mathbf{F}} = q\left(\vec{\mathbf{E}}+\vec{\mathbf{v}}\times\vec{\mathbf{B}}\right)}$$

APLICACIONES: Selector de velocidades



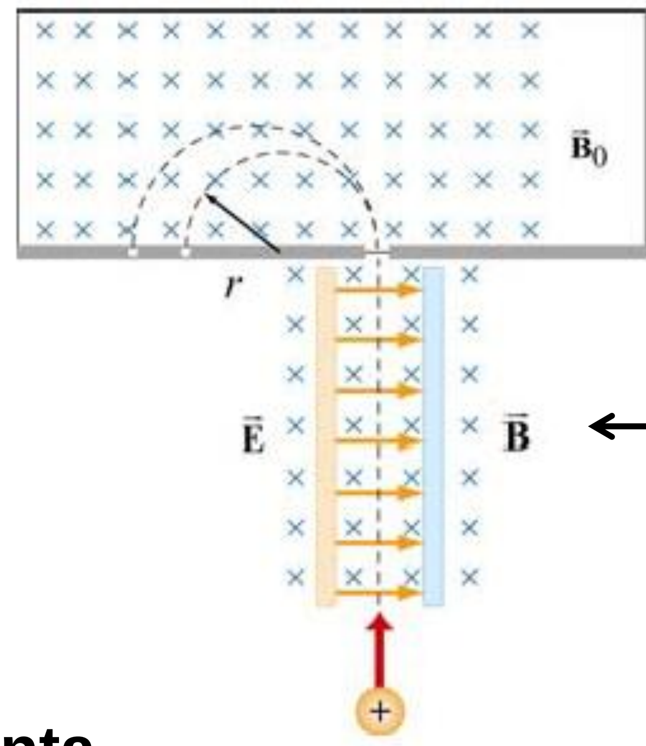
Las fuerzas eléctrica y magnética tienen sentido opuesto. Cuando la magnitud de $\mathbf{F}_E$ = magnitud de $\mathbf{F}_B$, la fuerza neta será cero y la carga seguirá una trayectoria rectilinea.

$$eE = evB \qquad\qquad v = \frac{E}{B}$$

APLICACIONES: Espectrómetro de masas

Región con
sólo campo
magnético

$$r = \frac{mv}{qB_0}$$



Selector de
velocidades

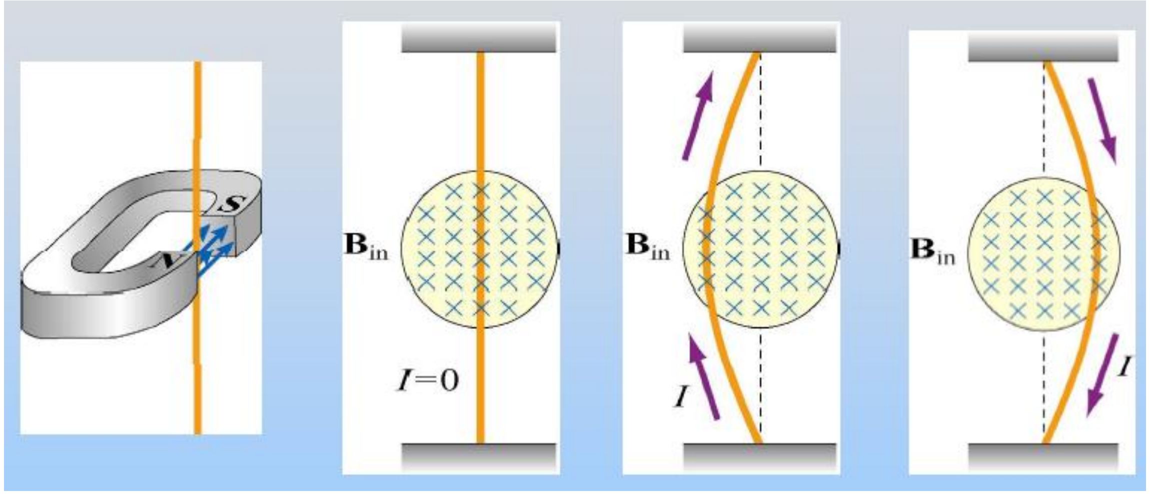
Cargas con distinta masa, tendrán trayectorias con distinto radio

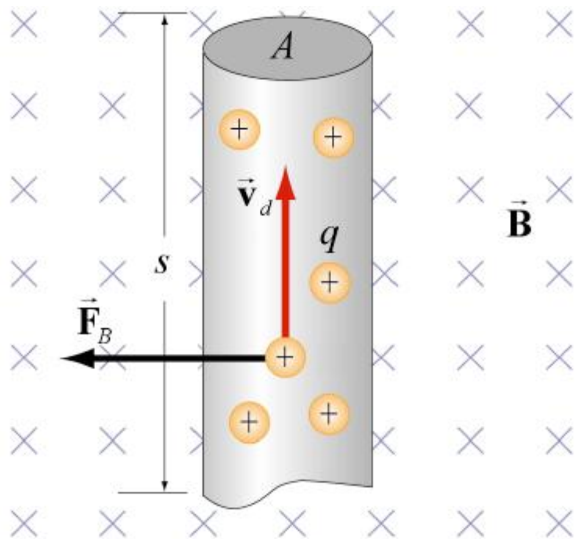
Fuerza magnética sobre cables que conducen corriente

Vimos que un campo magnético **B** ejerce una fuerza sobre una carga q que se mueve a velocidad **v**:

$$\boxed{\vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}}$$

La corriente eléctrica es carga en movimiento por lo tanto, en presencia de un campo magnético un conductor sentirá una fuerza:





$$\boxed{\vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}}$$

$$d\,\vec{\mathbf{F}}_B = dq\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}$$

$$d\,q\vec{\mathbf{v}} = dq\,\frac{\Delta\vec{\mathbf{s}}}{d\,t}$$

La fuerza sobre un elemento de corriente será:

$$d\vec{\mathbf{F}}_B = I\,d\,\vec{\mathbf{s}} \times \vec{\mathbf{B}}\,.$$

La fuerza total:

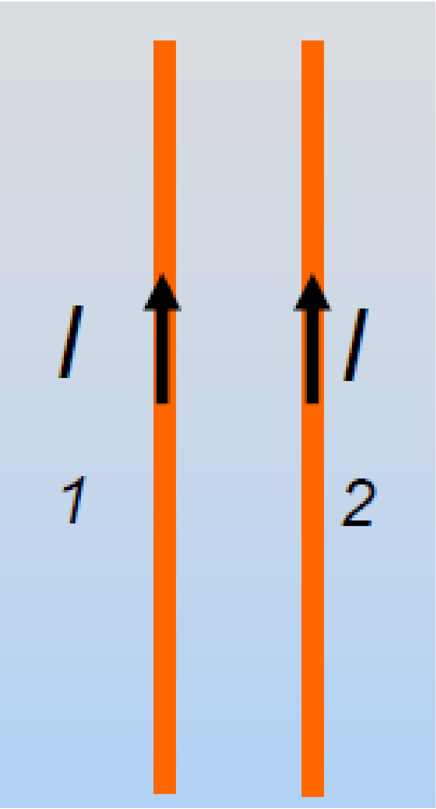
$$\vec{\mathbf{F}}_B = I\int_a^b d\,\vec{\mathbf{s}} \times \vec{\mathbf{B}},$$

$$\vec{\mathbf{F}}_B = I\left(\int_a^b d\,\vec{\mathbf{s}} \times \vec{\mathbf{B}}\right) = I\left(\int_a^b d\,\vec{\mathbf{s}}\right) \times \vec{\mathbf{B}} = I\vec{\mathbf{L}} \times \vec{\mathbf{B}}\,,$$

L vector que va de *a* hasta *b*

PC 4- Considere dos conductores paralelos que conducen corriente en la misma dirección. La fuerza entre ellos es:

1. Repulsiva
2. Atractiva
3. No hay fuerza



¡¡¡Fin clase 4 de 8!!!