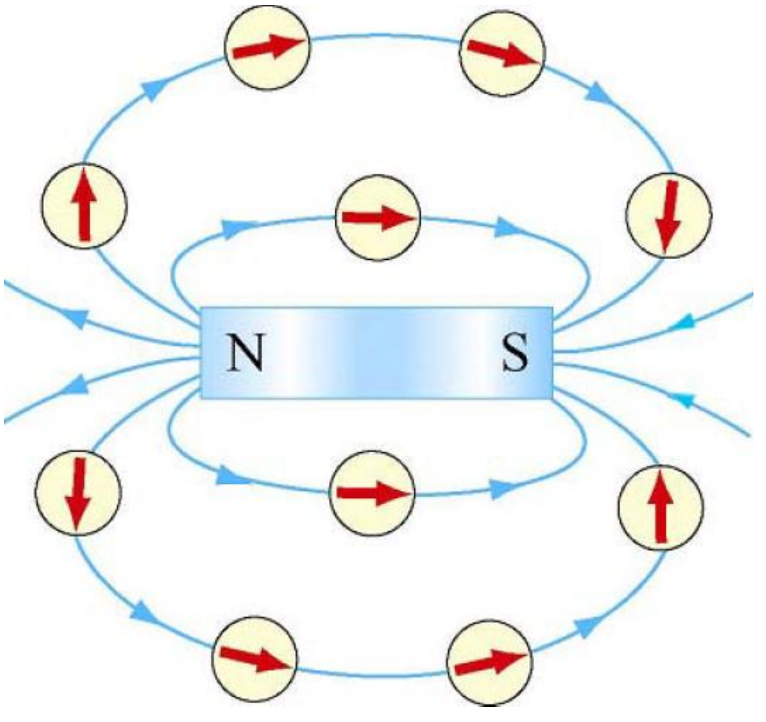
Física II- Curso de Verano

Clase 3

CAMPOS MAGNÉTICOS

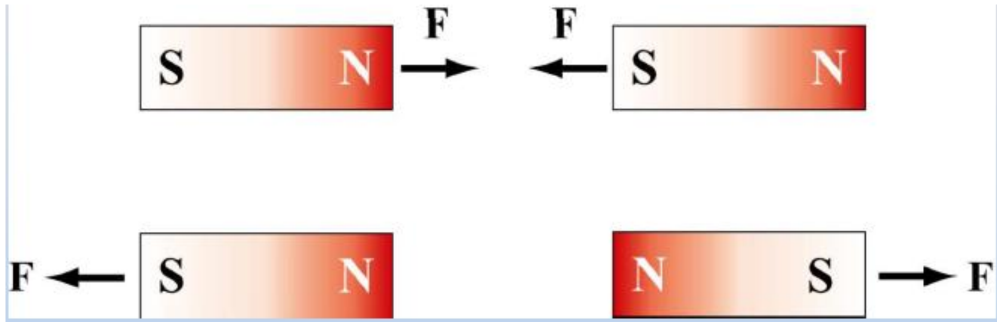
CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR UN IMÁN



(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:

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

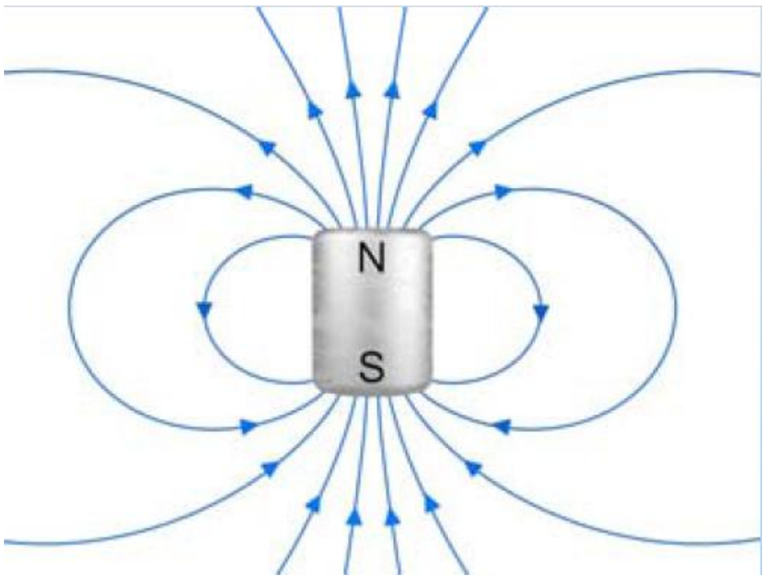
Ley de gauss Magnética

Recordemos la Ley de Gauss eléctrica:

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

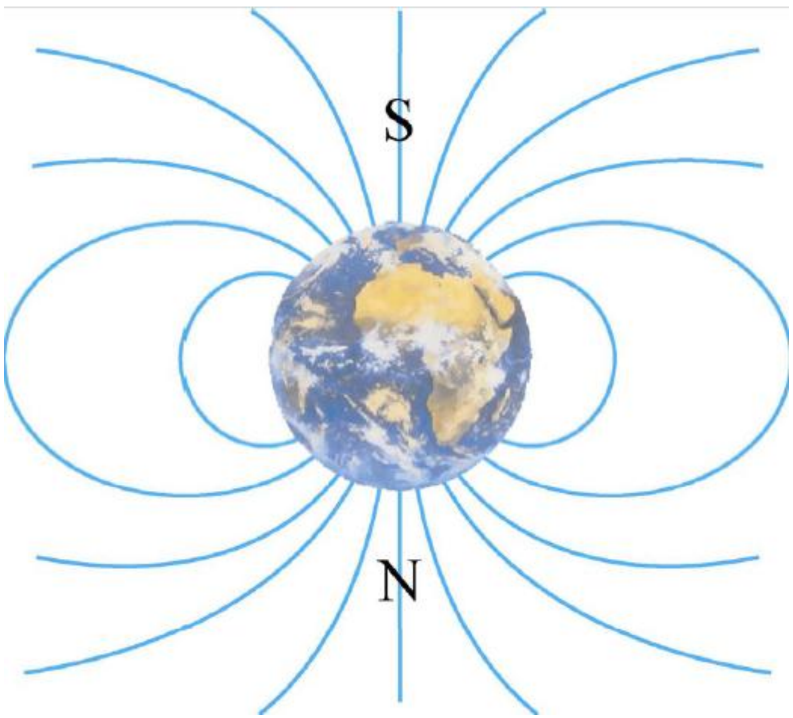
Las líneas de campo se cierran sobre sí mismas.

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

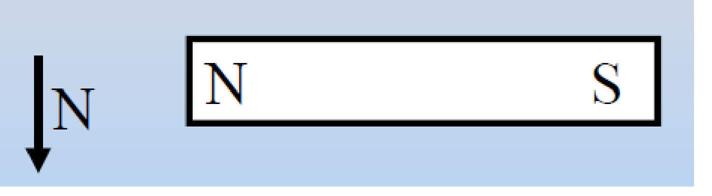


La Tierra es un dipolo magnético!

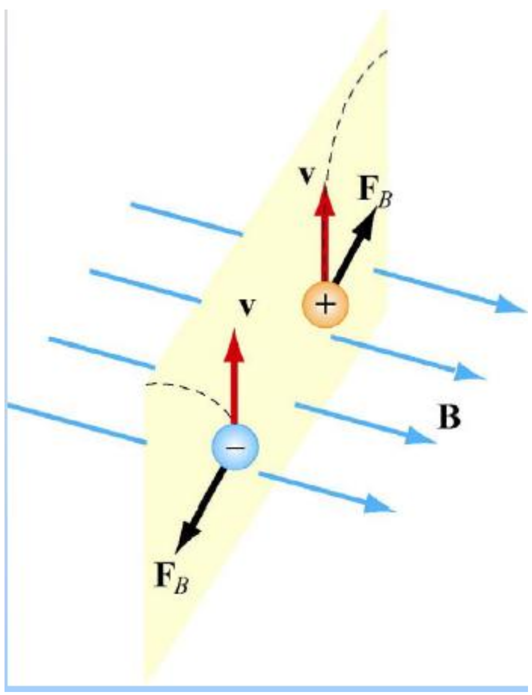
El polo N magnético está ubicado en el polo S geográfico.

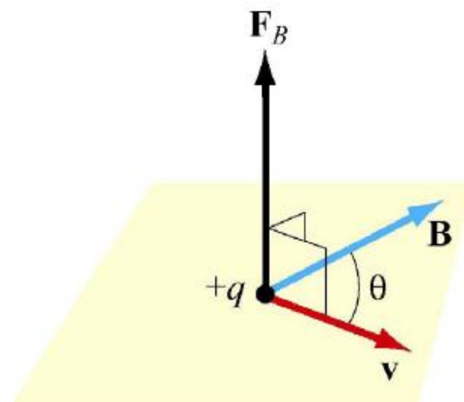
PC 1- Si el imán y la brújula de la figura está arriba de una mesa, hacia dónde apuntará la aguja de la brújula (flecha: parte coloreada rojo: N)

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



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**)

Unidades de Campo B

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

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

$= 1$ T (Tesla)

Campo terrestre:

5×10^{-5} T $= 0.5$ G

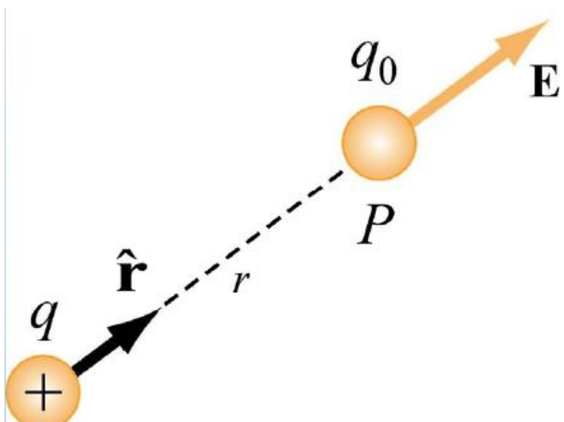
1 T = 10^4 Gauss (G)

FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO

¿Cómo podemos crear campos magnéticos?

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

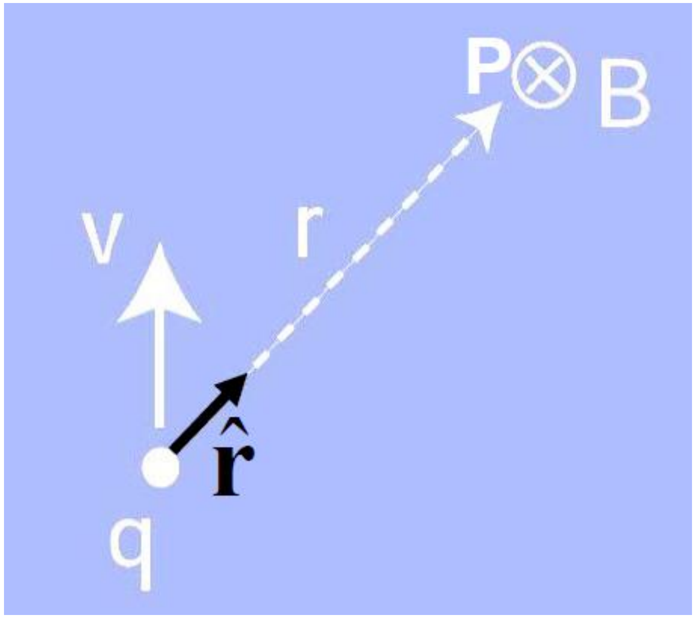
Recordemos que una carga eléctrica produce un campo eléctrico:



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

Campo magnético B debido a una carga que se mueve

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

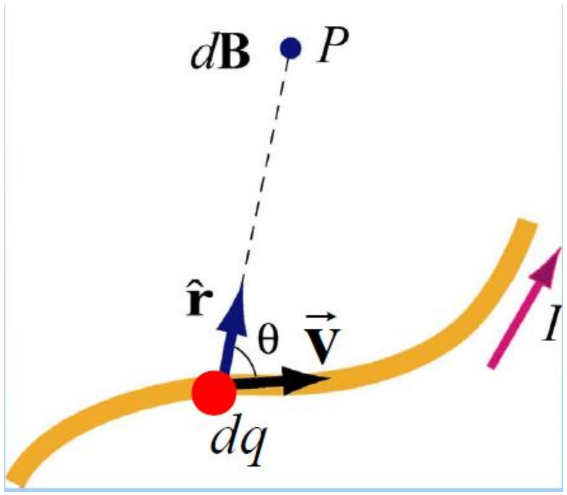


$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{q\,\vec{\mathbf{v}} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

$\hat{\mathbf{r}}$: 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



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

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**

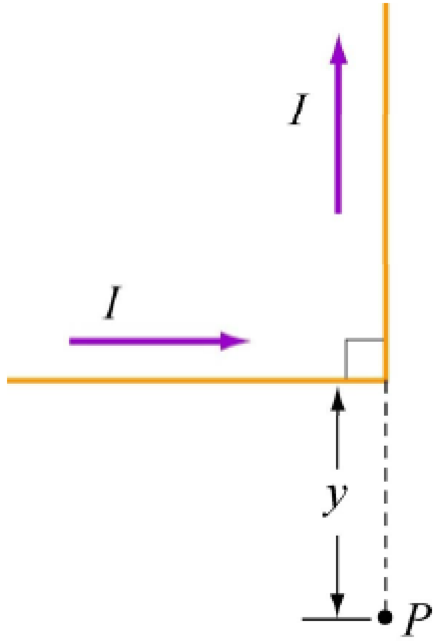
r: es la distancia desde el elemento de corriente hasta el punto

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

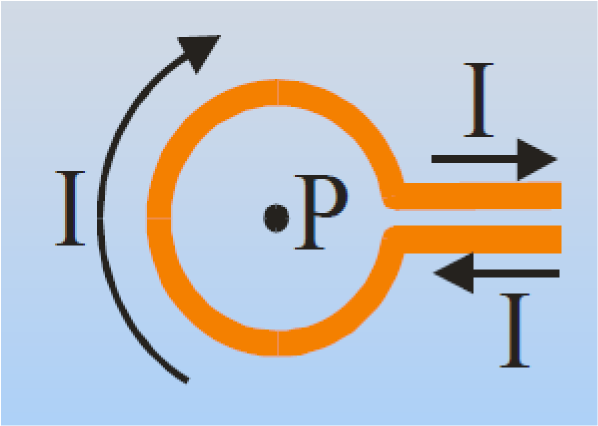
PC 2–

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.

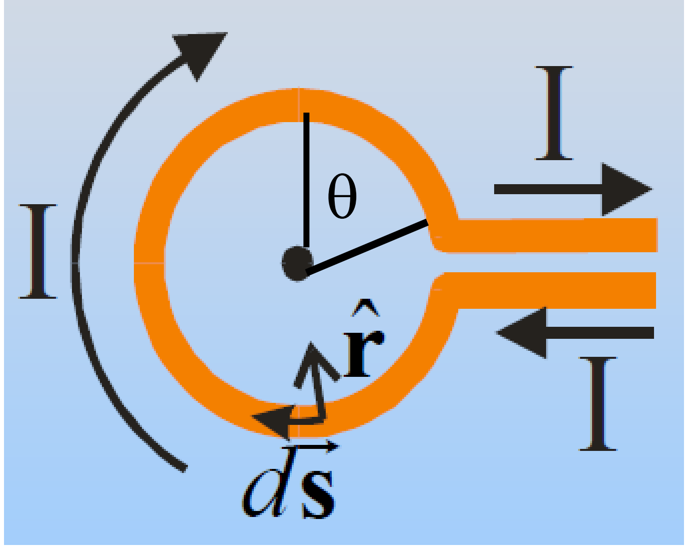


Ejemplo: Considere una espira de radio R por la que circula una corriente I como la de la figura. Encontrar el campo **B** en el punto P (centro de la espira.



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

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

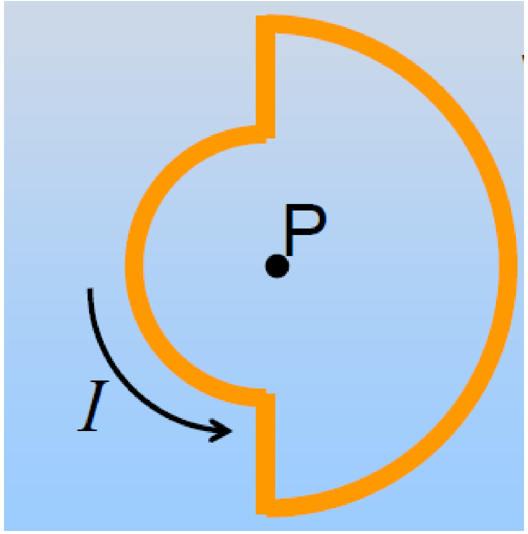
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R\,d\theta}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\theta}{R}$$

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

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

Entrando a la página

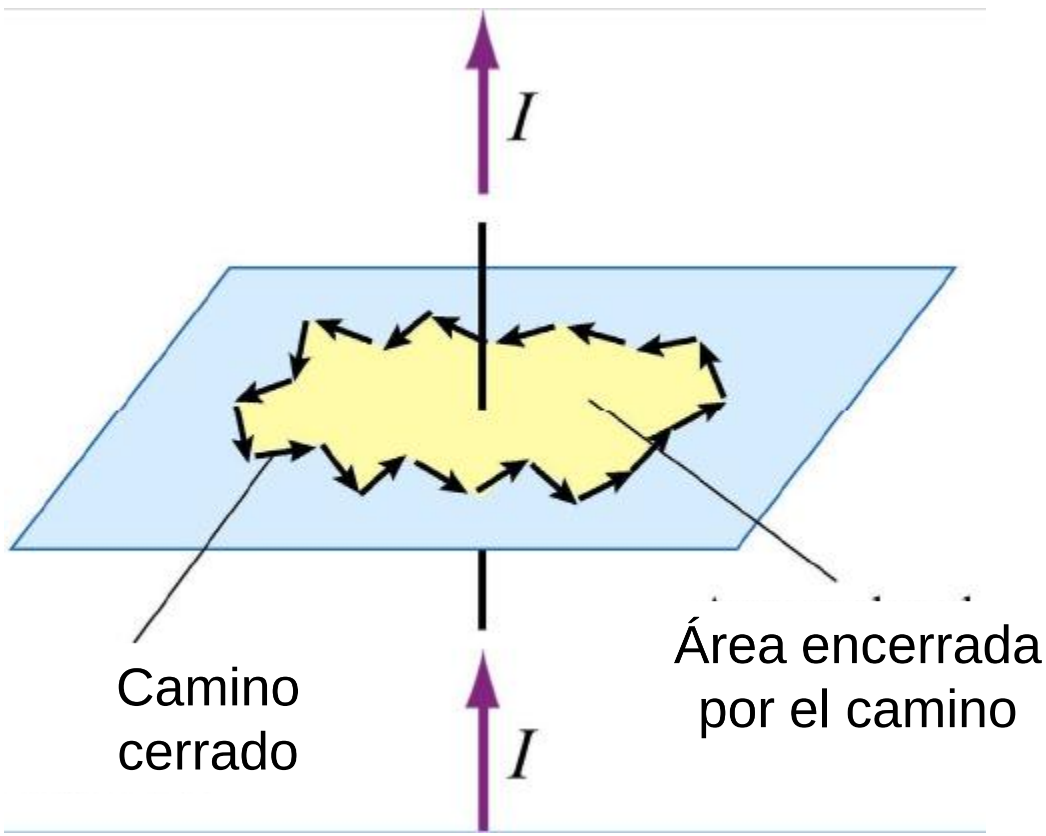
Ejercicio- Encontrar B en el punto P en la siguiente situacion:



Una espira tiene radio R y la otra 2R.

Ley de Ampere

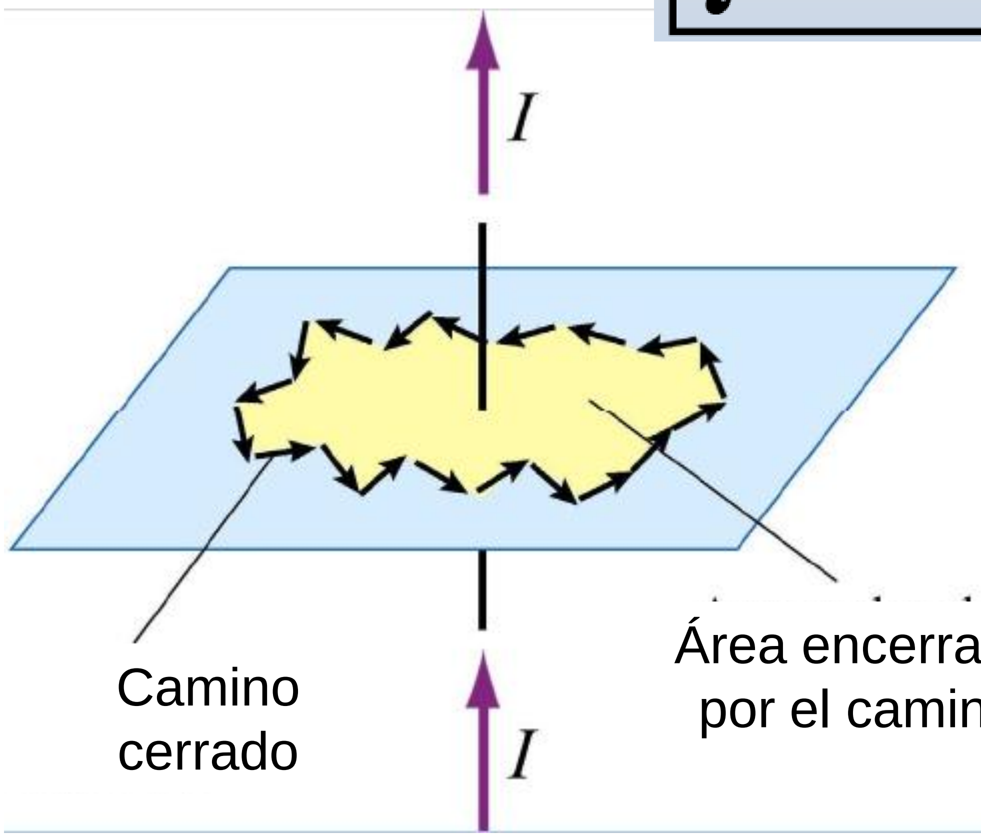
Ley de Ampere: la idea



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)

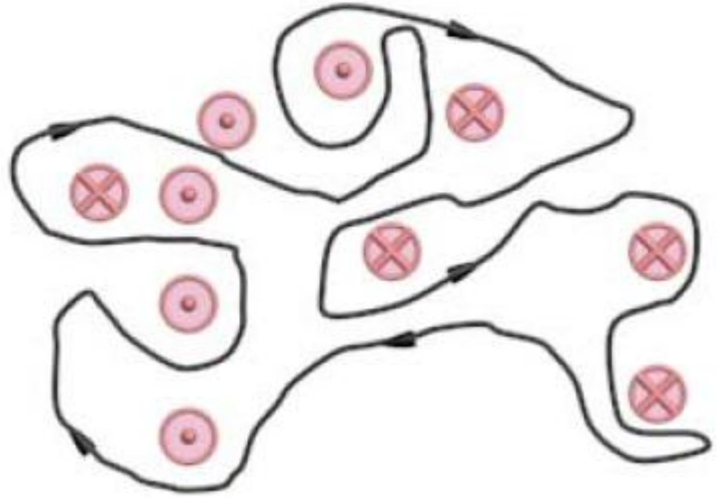
$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = \mu_0 I_{enc}$$



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.

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

Pregunta Conceptual 3:



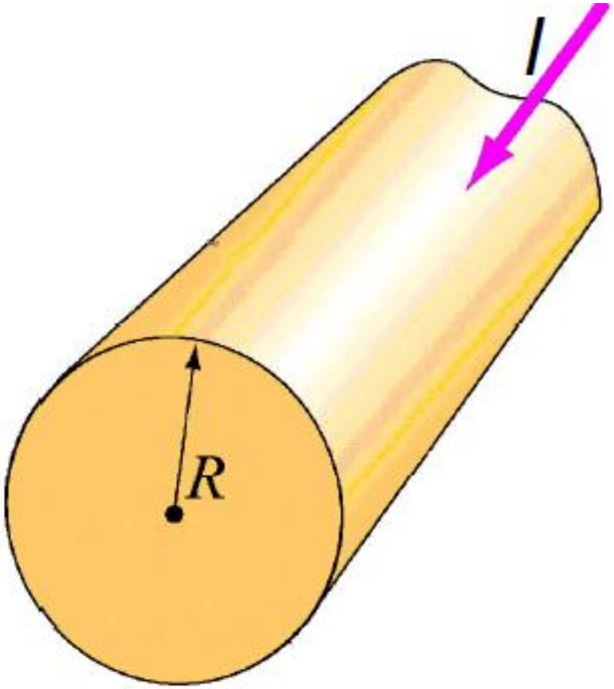
La integral de **B** a lo largo de la curva de la figura es:

1. Positiva
2. Negativa
3. Nula

IMPORTANTE

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

EJEMPLO: Conductor infinito



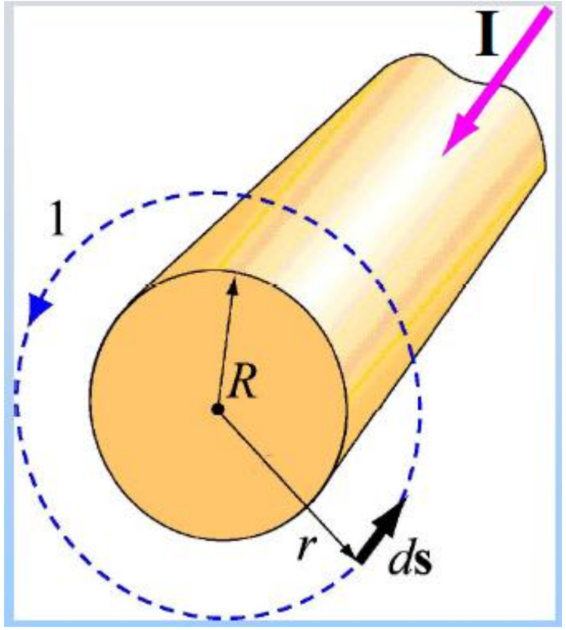
Por un conductor cilíndrico de radio R circula una corriente I. Calcular el campo

(a) fuera (r>R) y

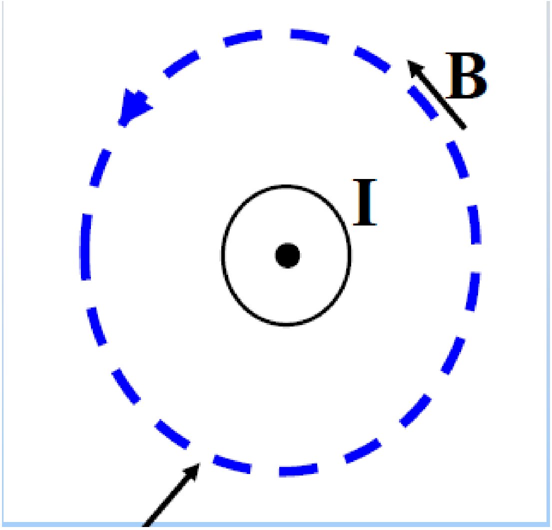
(b) dentro (r<R) del conductor

Resolución

(a) r > R



Simetría cilíndrica

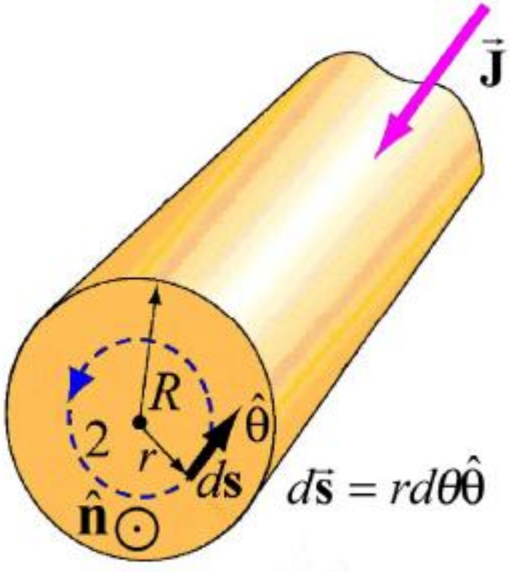


Amperiana: **B** es constante y tiene la dirección de la curva en todos los puntos.

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

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

(b) r < R



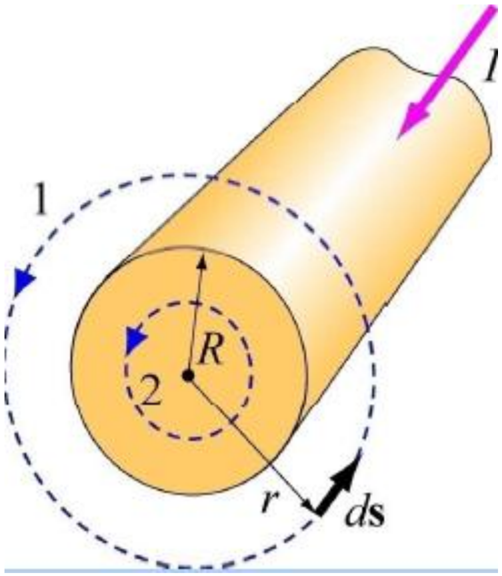
$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = B\oint ds = B(2\pi r)$$

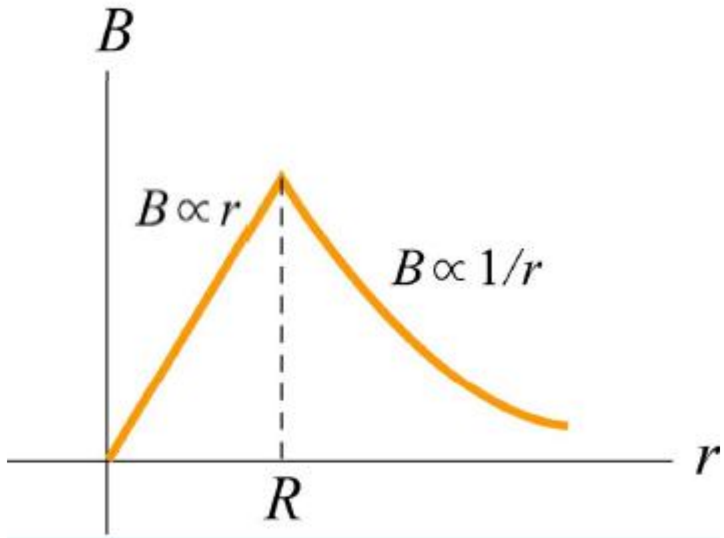
$$= \mu_0 I_{enc} = \mu_0 I\left(\frac{\pi r^2}{\pi R^2}\right)$$

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

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

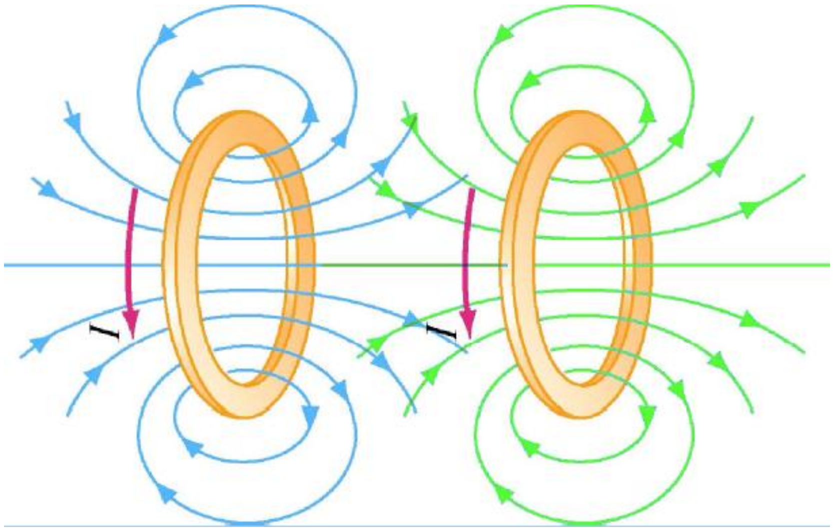
$$I_{enc} = JA_{enc} = \frac{I}{\pi R^2}(\pi r^2)$$



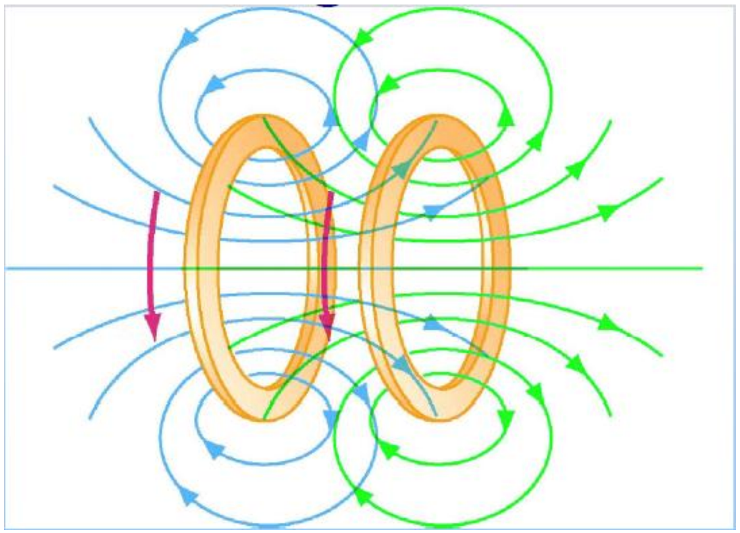


$$B_{in} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \qquad B_{out} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

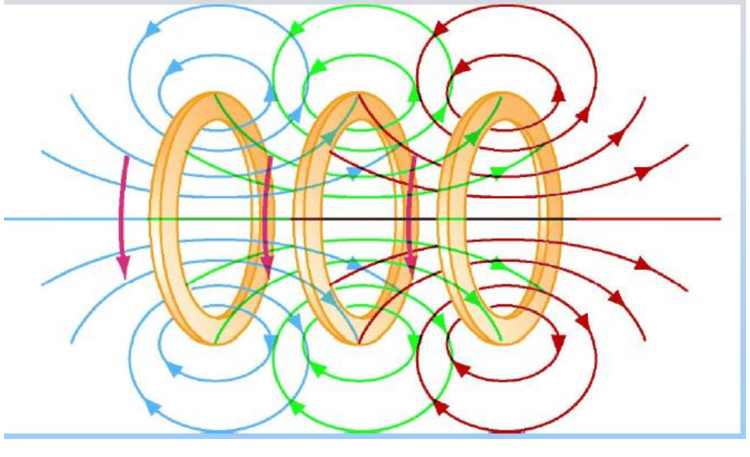
2 espiras



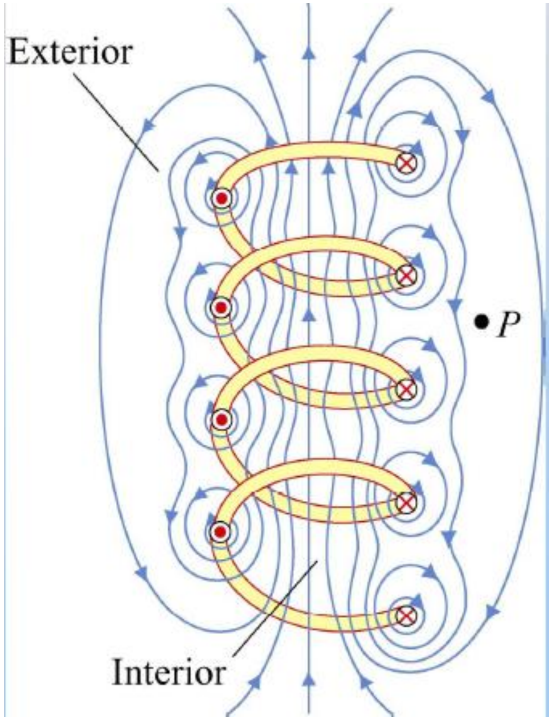
2 espiras más próximas

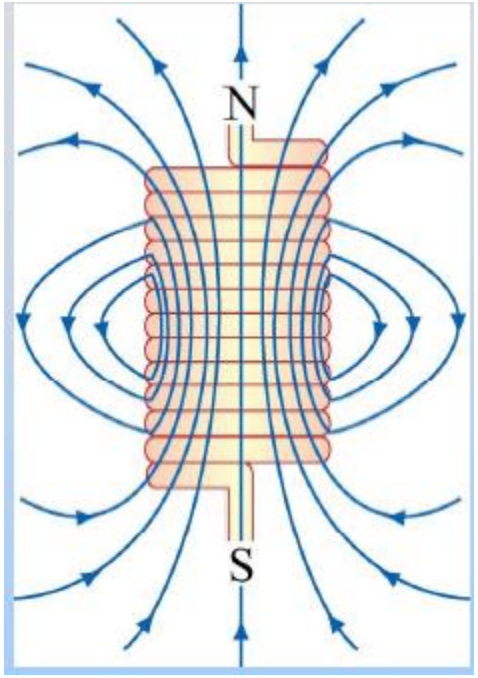


3 espiras



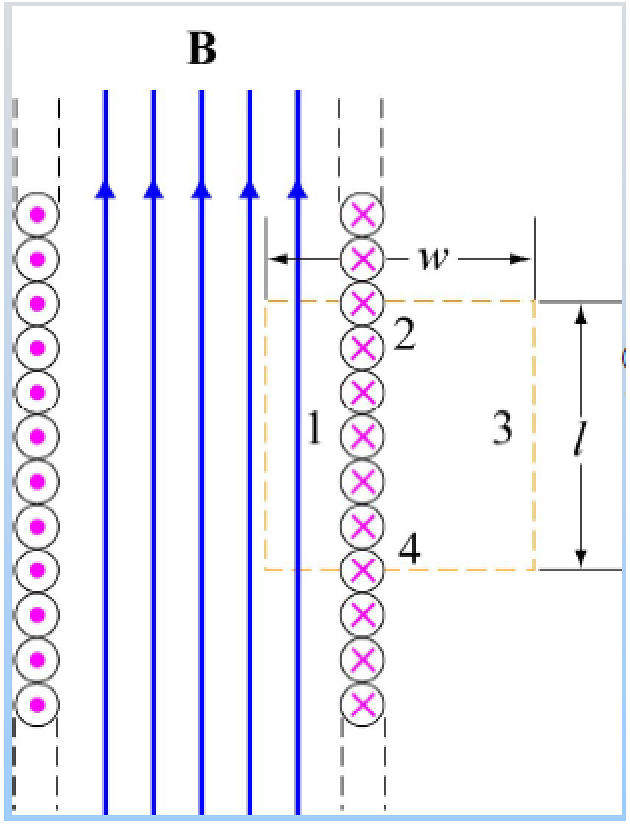
Muchas espiras: **SOLENOIDE**





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

CAMPO MAGNÉTICO DEBIDO A UN SOLENOIDE IDEAL



$$\begin{cases} \vec{\mathbf{B}} \perp d\,\vec{\mathbf{s}} & \text{en 2 y 4} \\ \vec{\mathbf{B}} = 0 & \text{en 3} \end{cases}$$

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

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

$$I_{enc} = nlI$$

n número de vueltas por unidad de longitud

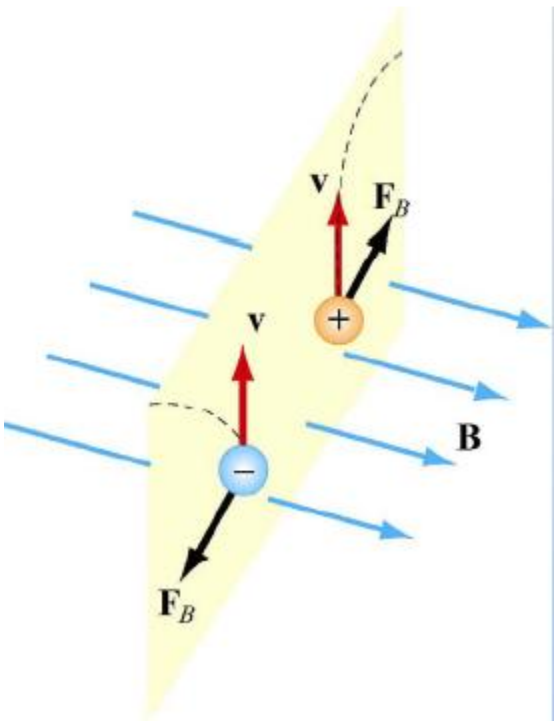
$$n = N / L$$

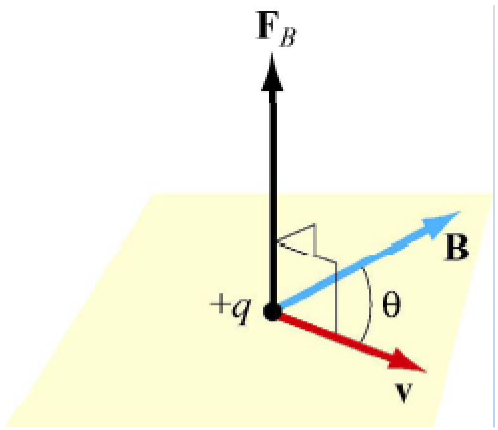
$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}} = Bl = \mu_0 n l I$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 n l I}{l} = \mu_0 n I}$$

FUERZA MAGNÉTICA

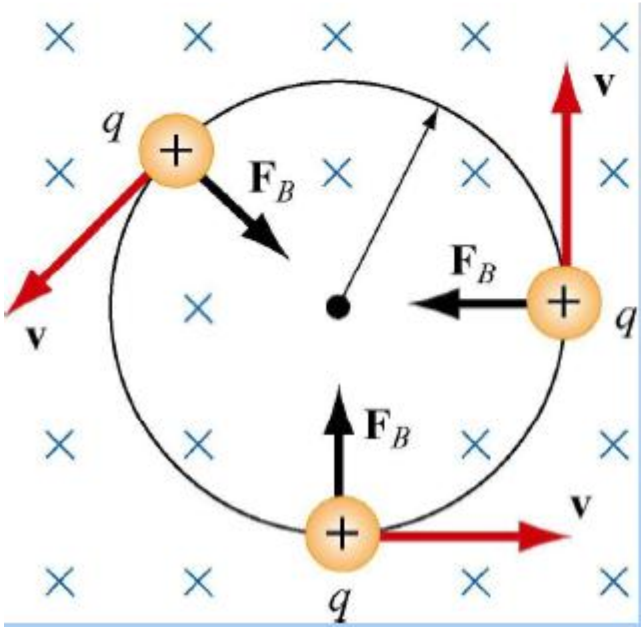
Fuerzas magnéticas sobre cargas





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

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.

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

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

Período

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

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

Velocidad angular

Fuerza de Lorentz

Carga en un campo eléctrico:

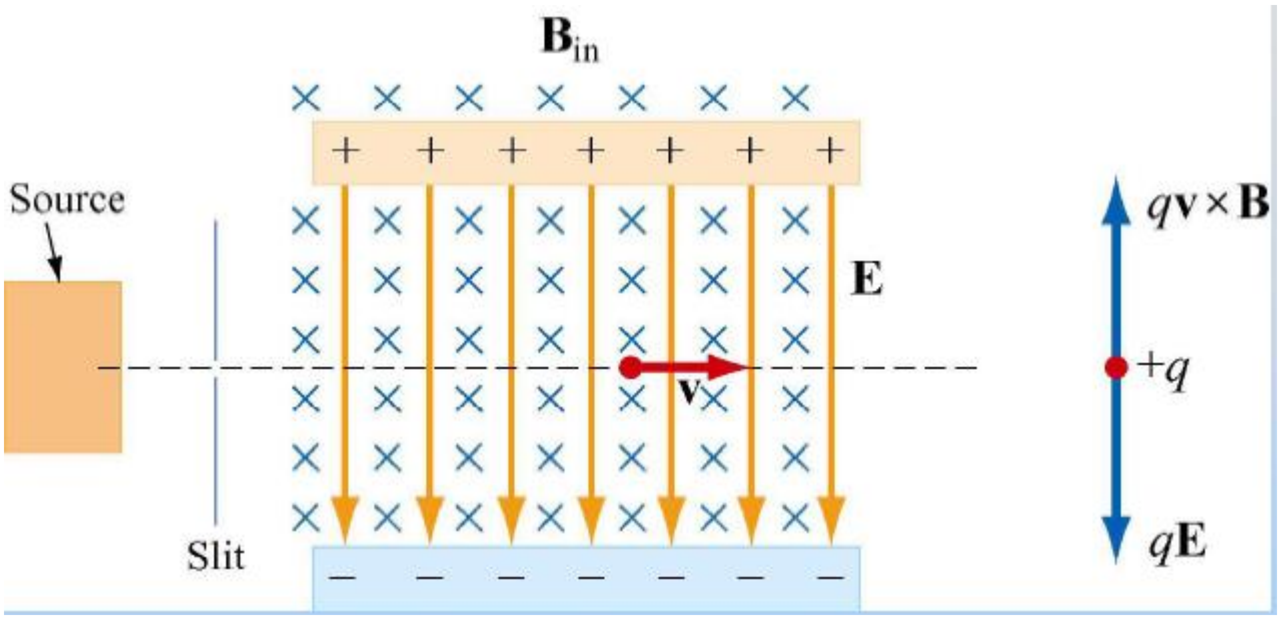
$$\vec{\mathbf{F}}_E = q\vec{\mathbf{E}}$$

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

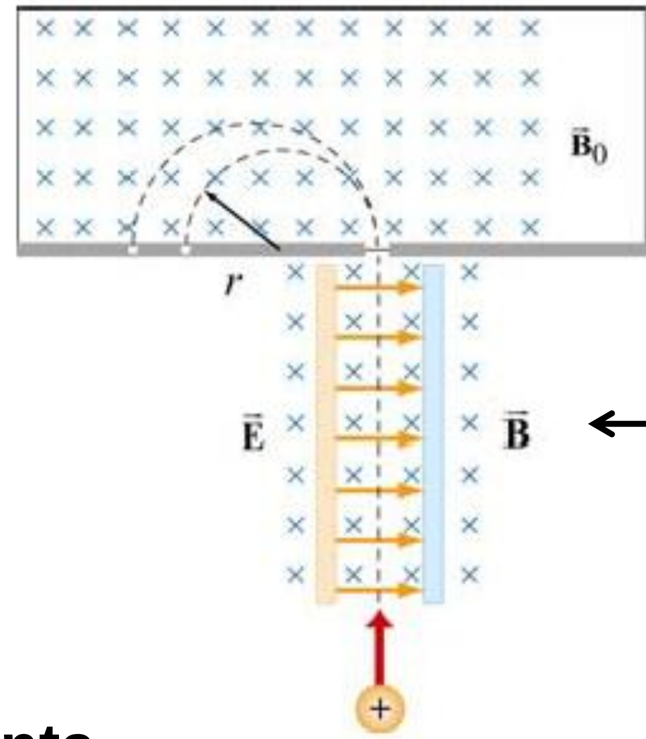


Las fuerzas eléctrica y magnética tienen sentido opuesto. Cuando la magnitud de $\mathbf{F}_E$ = magnitud de $\mathbf{F}_B$, la fuerza neta será cero y la carga seguirá una trayectoria rectilinea.

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

APLICACIONES: Espectrómetro de masas

Región con sólo campo magnético



Selector de velocidades

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

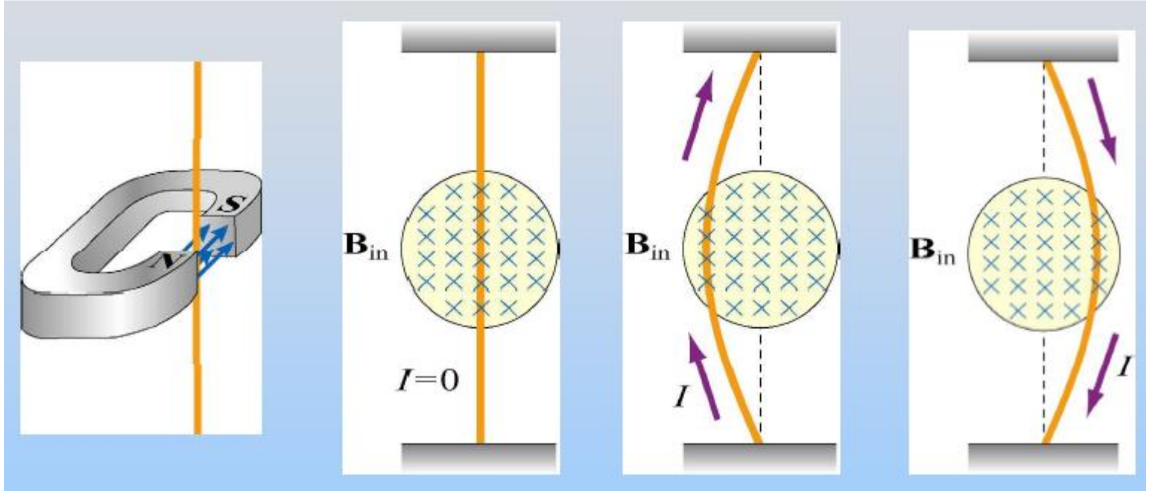
Cargas con distinta masa, tendrán trayectorias con distinto radio

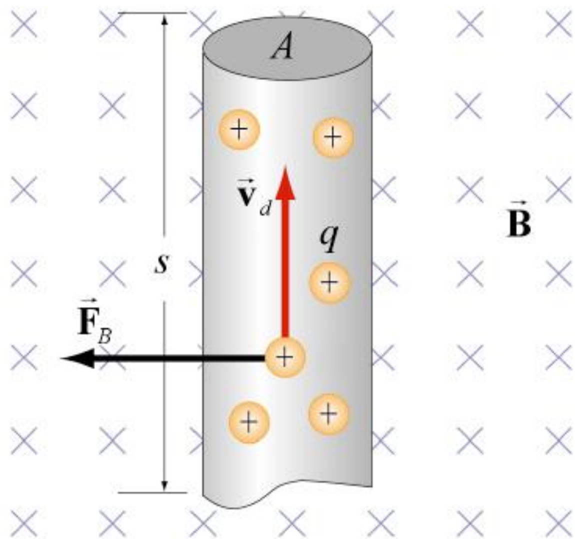
Fuerza magnética sobre cables que conducen corriente

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:





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

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

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

La fuerza sobre un elemento de corriente será:

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

La fuerza total:

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

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

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