FÍSICA II

Notas sobre Fuentes de Campo Magnético

FICH – UNL

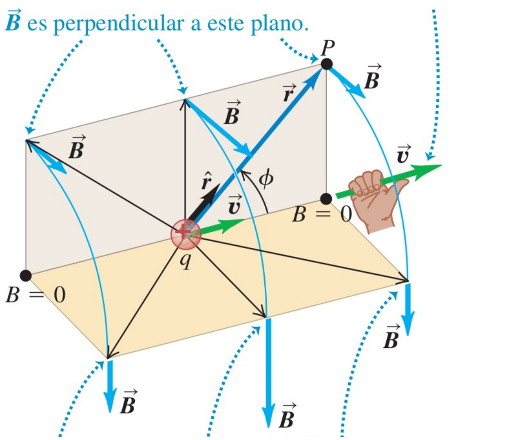
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

Version v.1

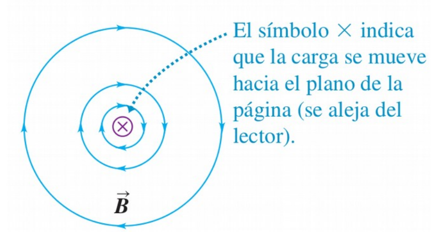
2020

Campo magnético

Un campo eléctrico puede generarse por una carga en reposo o en movimiento y ejercer una fuerza sobre otra carga en reposo o movimiento.



b) Vista desde atrás de la carga



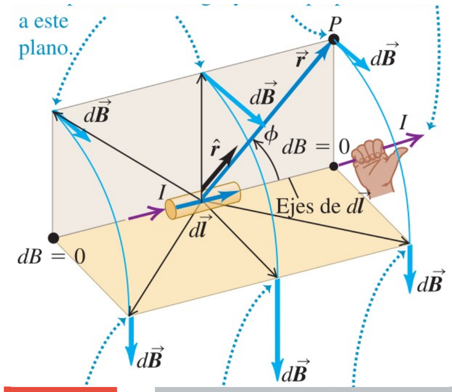
Un campo magnético ejerce una fuerza solo sobre una carga en movimiento. Luego, es esperable que una carga cree un campo magnético sólo cuando está en movimiento

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\,\vec{v}\,x\,\hat{r}}{r^2}$$

Campo magnético producido por una carga en movimiento

Esta formula es muy similar a la del campo eléctrico, pero el producto vectorial vxr determina que el campo B sea en dirección perpendicular al plano definido por los vectores v y r.

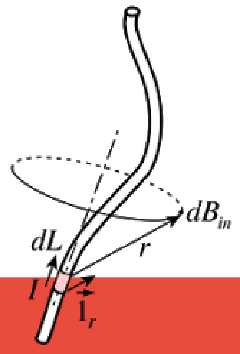
μ_0 es la permitividad magnética y vale $\mu_0=4\,\pi\,x\,10^{-7}\,N.S^2/C^2=4\,\pi\,x\,10^{-7}\,Wb/A.m$



En un ***elemento de corriente*** *la expresión es similar, solo que tengo una corriente de cargas en lugar de una carga unitaria:*

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,\vec{dl}\,x\,\hat{r}}{r^2}$$

Esto es conocido como la ***Ley de Biot-Savart***

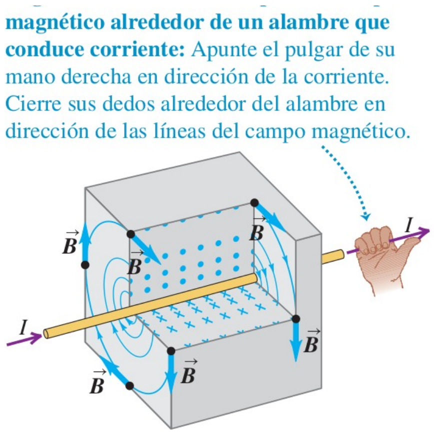


Campo magnético

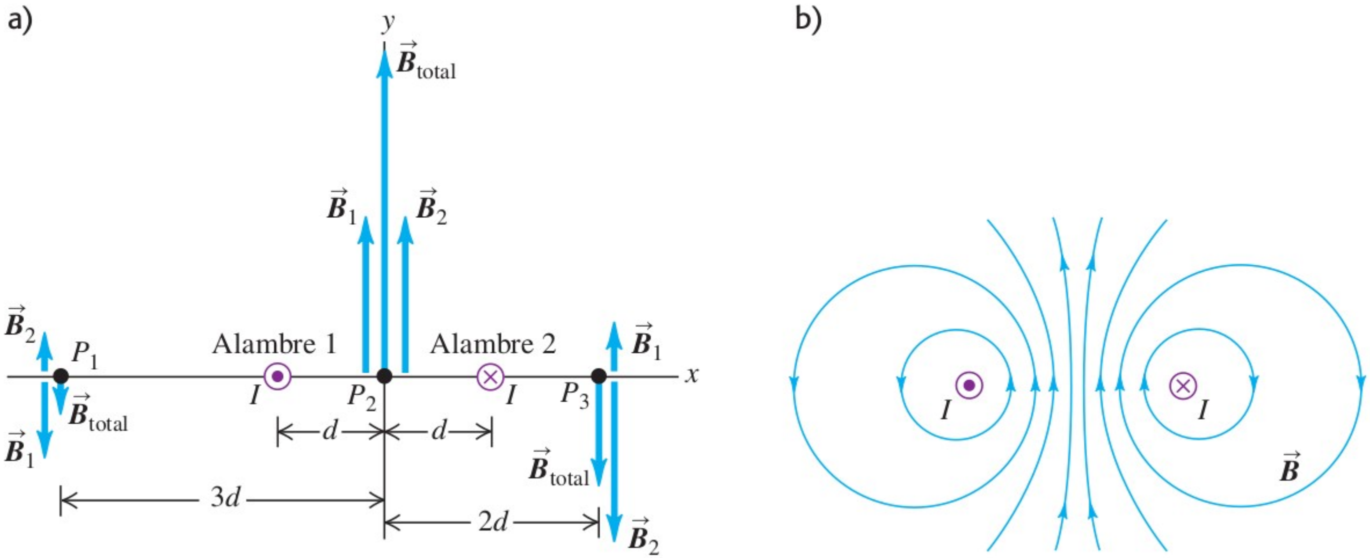
Si tomamos la ley de Biot-Savart y la integramos en un punto dado para encontrar el campo magnético producido por un conductor infinito

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

Como el conductor es infinito la única dimensión de interés es el radio r



Cuando tengo más de un conductor, el campo resultante es la suma de los campos de cada conductor en forma aislada. Es decir, se aplica el principio de superposición:

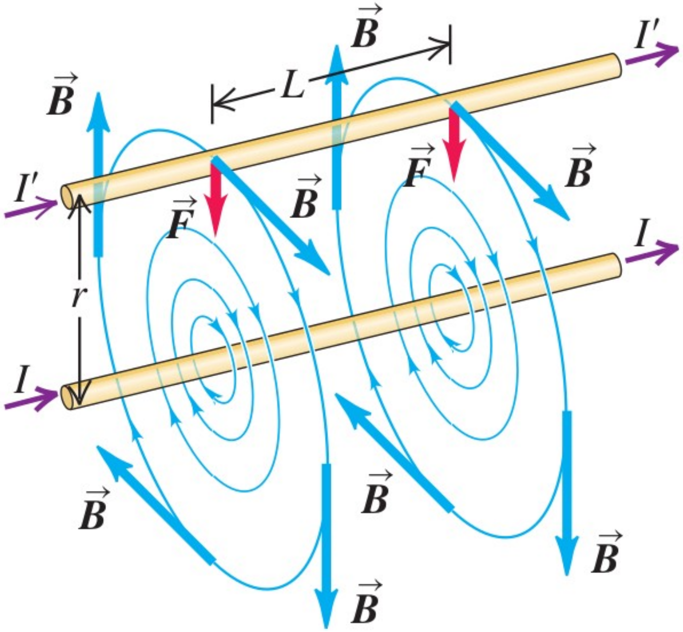


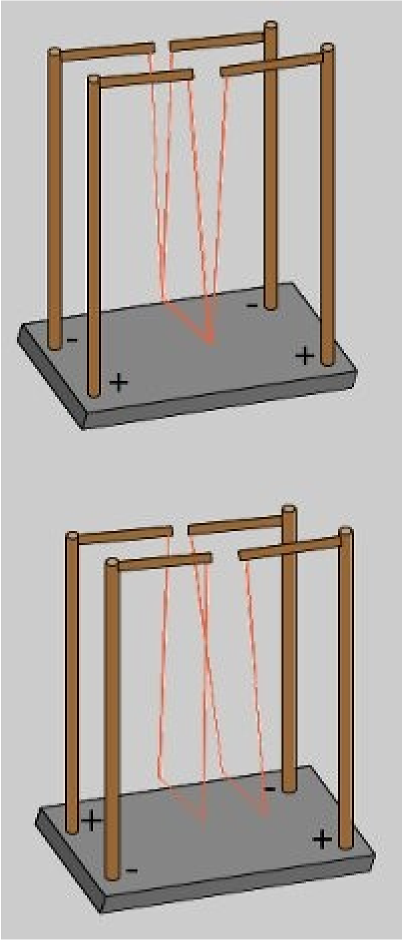
Fuerzas entre conductores

Si tenemos dos alambres paralelos transportando corriente, se establece una fuerza entre ellos. Dependiendo del sentido de la corriente, la fuerza será de atracción o repulsión:

Por acción-reacción, la fuerza sobre cada conductor será la misma. Si las corrientes circulan en igual sentido, la fuerza será de atracción, sino será de repulsión.

$$\frac{F}{L}=\frac{\mu_0 I I'}{2\pi r}$$





Ley de Ampère (1831)

André Marie *Ampère*

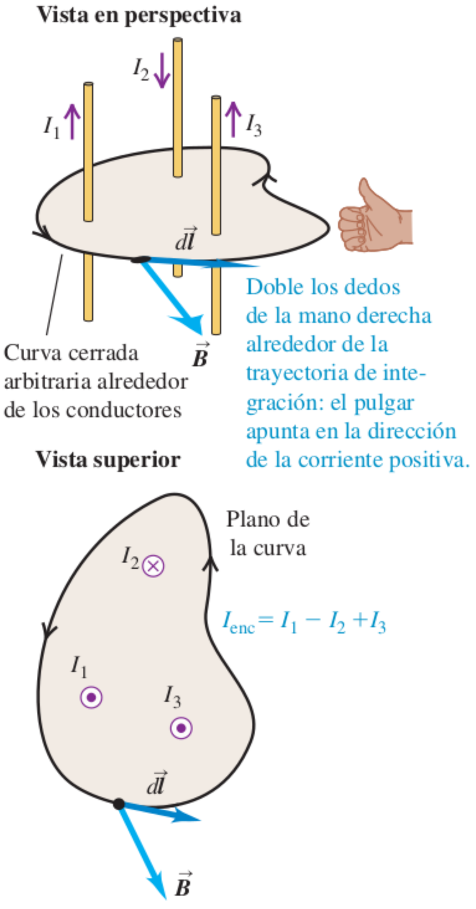
Francia(1775 -1836)

La ley de Ampère nos permite calcular en forma simple la integral de línea de B a lo largo de una curva cerrada arbitraria

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc} \qquad \text{(ley de Ampère)}$$

La ley de Ampère establece que la integral de línea del campo B sobre una curva cerrada arbitraria (no tiene por que ser plana) es igual a la corriente neta encerrada por la superficie definida por dicha curva multiplicada por la permitividad magnética.

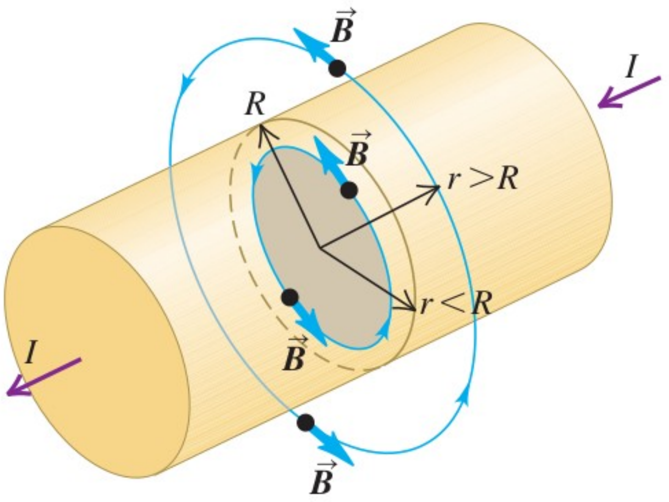
Al igual que la Ley de Gauss, esta ley se vuelve muy útil cuando podemos garantizar que el campo B es constante a lo largo de la curva de integración. Entonces, B sale fuera de la integral y la integral da como resultado la longitud de la curva.



Ley de Ampère: Si se calcula la integral de línea del campo magnético alrededor de una curva cerrada, el resultado es igual a μ_0 multiplicado por la corriente total encerrada: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc}$

Aplicaciones de la Ley de Ampère

Campo en el interior de un conductor largo y cilíndrico



En este caso, la curva elegida es una circunferencia de radio r centrada en el conductor. Por simetría, B debe ser constante en la curva. Luego, B es:

$$\int \vec{B}.\vec{dl} = B\int \vec{dl} = B\,2\pi r = \mu_0 I_{enc}$$

$$B = \frac{\mu_0 I_{enc}}{2\pi r}$$

En este caso, para radios r<R la I_{enc} depende del radio. Luego, definimos una densidad de corriente j:

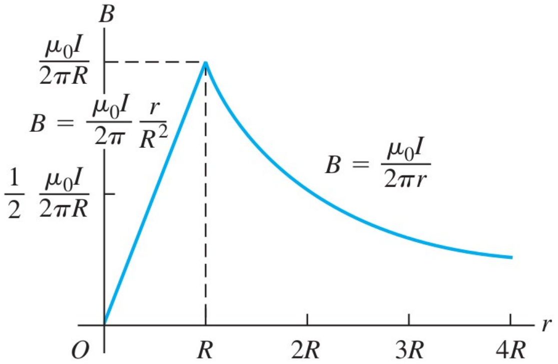
$$J = \frac{I}{\pi R^2}$$

Y la corriente I_{enc} será:

$$I_{enc} = J\,Area = J\,\pi r^2 = \frac{I}{\pi R^2}\pi r^2 = I\frac{r^2}{R^2}$$

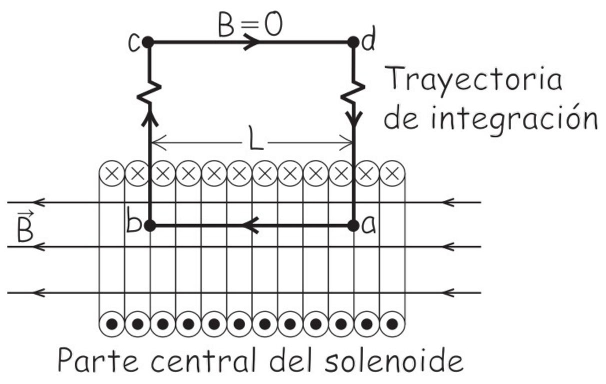
Finalmente:

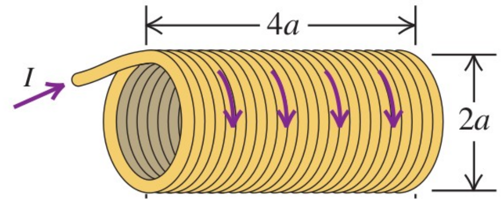
$$B = \frac{\mu_0 I\, r}{2\pi R^2}$$

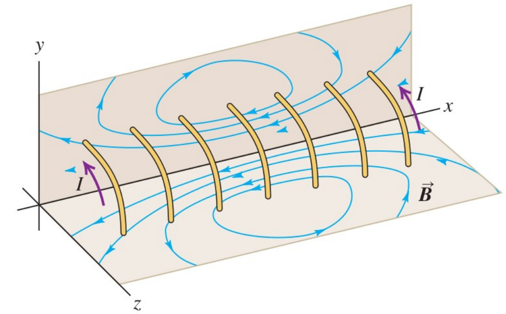


Aplicaciones de la Ley de Ampère

Campo de un solenoide







Un solenoide es una bobina de alambre por la cual circula corriente, generando campo magnético fundamentalmente en su interior. Tiene muchas aplicaciones en la fabricación de electro imanes.

La integral de linea sobre el rectángulo abcd solo tiene valores no nulos en el tramo ab

$$\int_a^b \vec{B}.\vec{dl} = B\,L_{ab}$$

La corriente encerrada en la superficie definida por abcd es igual a la corriente I por el alambre multiplicada por la cantidad de espiradas encerradas en abcd

$$I_{enc} = nL_{ab}\,I$$

donde n es la cantidad de espiras por unidad de longitud

Luego, el campo B en el interior del solenoide es:

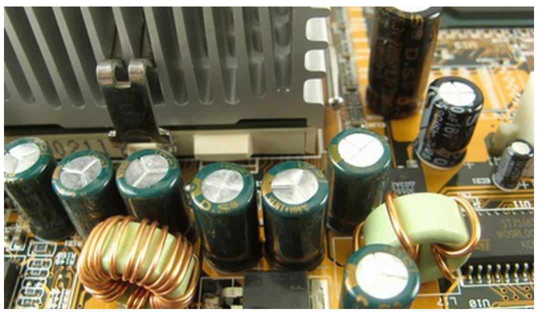
$$B = \mu_0\, n\, I$$

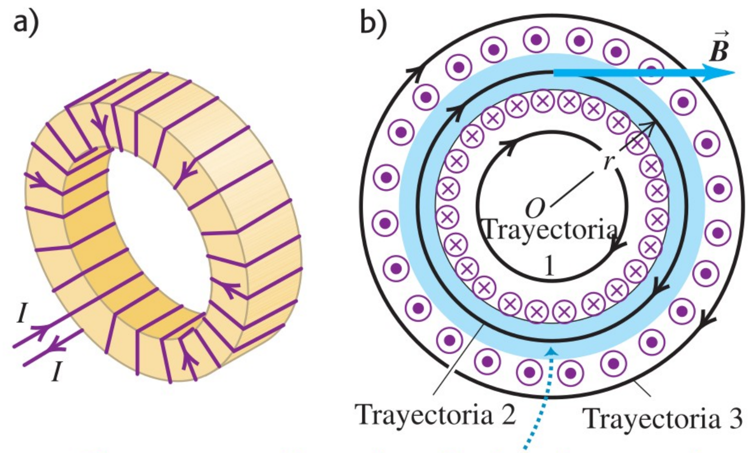
Notar que B es igual en cualquier punto interior del solenoide. Solo depende de la corriente y cantidad de espiras por unidad de longitud.

Aplicaciones de la Ley de Ampère

Campo de un toroide

Un toroide es similar a un solenoide, pero en este caso las espiras están arrolladas sobre un anillo. Es como un solenoide cuyo eje es curvado hasta obtener un anillo cerrado.

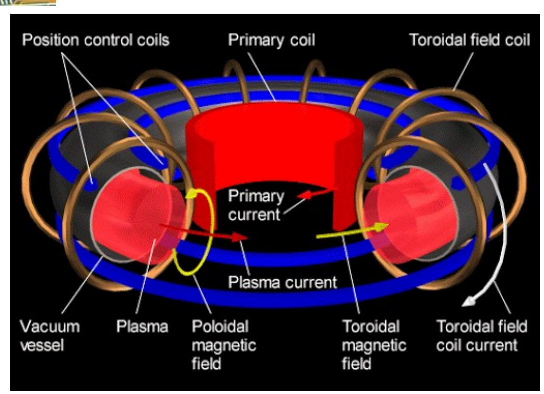




El campo magnético está confinado casi por completo en el espacio encerrado por los devanados (en azul).

En este caso la integral de linea se realiza sobre una circunferencia en el centro del toroide (zona celeste)

Los arrollamientos toroidales son muy empleados en electrónica para generar autotransformadores, pero también en grandes instalaciones donde se requiere generar campos magnéticos muy potentes, como por ejemplo en aceleradores de partículas o reactores nucleares de fusión.



Al aplicar Ampère

$$\int_a^b \vec{B}\,.\,\vec{dl} = B\,2\,\pi\,r = \mu_0 N\,I$$

Donde N es la cantidad total de espiras. Si empleamos la variable n (cant. de espiras por unidad de longitud) entonces nos queda:

$$B\,2\,\pi\,r = \mu_0\,2\,\pi\,r\,n\,I$$

$$\boxed{B = \mu_0\,n\,I}$$