# Campo Magnético generado por una carga en movimiento

Los experimentos demuestran que la magnitud del campo magnético generado por una carga en movimiento es proporcional al valor de la carga $|q|$ y a $1/r^2$, similarmente a lo que ocurre con el campo eléctrico. Pero además $B$ es proporcional a la velocidad de la carga que lo genera y al $sen(\phi)$, el ángulo formado entre la velocidad y el vector $r$ entre la carga y el punto de campo.

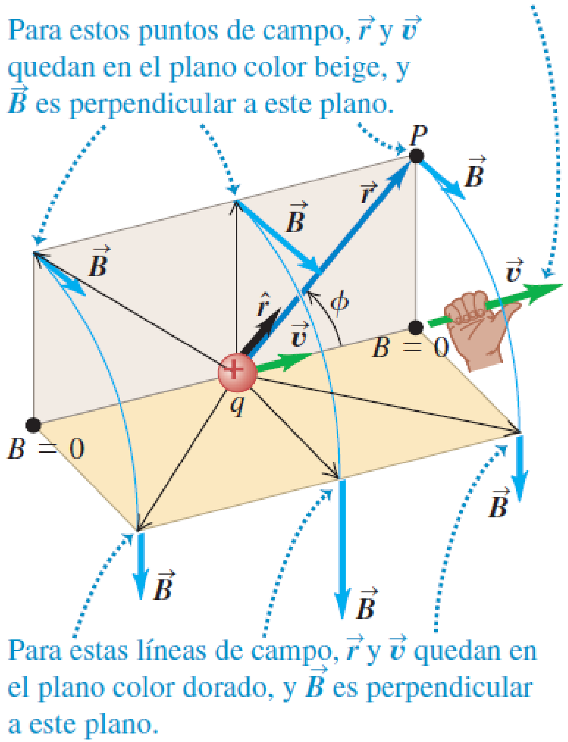
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{|q| v \, sen(\phi)}{r^2}$$

donde $\mu_0$ es una constante relacionada con la velocidad de la luz en el vacío, $c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \, \mu_0}$.

La dirección del campo magnético es perpendicular al plano que contiene a los vectores $\vec{r}$ y $\vec{v}$.

Las líneas de campo magnético se enroscan alrededor de la dirección del vector velocidad de la carga positiva con la regla de la mano derecha. Si la carga es negativa, las líneas de campo van en sentido opuesto.

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


Para estos puntos de campo, $\vec{r}$ y $\vec{v}$ quedan en el plano color beige, y $\vec{B}$ es perpendicular a este plano.
P
$\vec{B}$
$\vec{r}$
$\hat{r}$
$\vec{v}$
$\phi$
$B = 0$
q
Para estas líneas de campo, $\vec{r}$ y $\vec{v}$ quedan en el plano color dorado, y $\vec{B}$ es perpendicular a este plano.

# Campo Magnético de un elemento de corriente

El campo magnético total generado por varias cargas en movimiento es la suma vectorial de los campos generados por las cargas individuales.

El campo generado por un segmento corto $\vec{dl}$ de un conductor de sección transversal $A$, que transporta corriente $I = n|q|v_d A$ en un punto $P$ es:

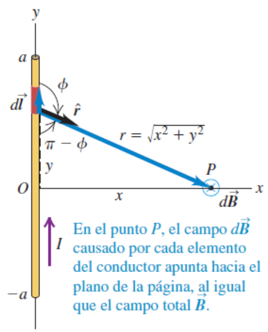
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,\vec{dl} \times \hat{r}}{r^2} \qquad \textit{Ley de Biot y Savart}$$

El campo magnético total $\vec{B}$ debido a la corriente en un circuito completo en cualquier punto del espacio se calcula integrando con respecto a todos los segmentos de corriente $\vec{dl}$:

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

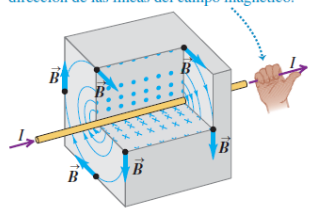
# Campo Magnético de un conductor recto con corriente

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{-a}^{a}\frac{x\,dy}{(x^2+y^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{2a}{x\sqrt{x^2+a^2}}$$




**28.6** Campo magnético alrededor de un conductor largo y recto portador de corriente. Las líneas de campo son círculos, con direcciones determinadas por la regla de la mano derecha.

**Regla de la mano derecha para el campo magnético alrededor de un alambre que conduce corriente:** Apunte el pulgar de su mano derecha en dirección de la corriente. Cierre sus dedos alrededor del alambre en dirección de las líneas del campo magnético.



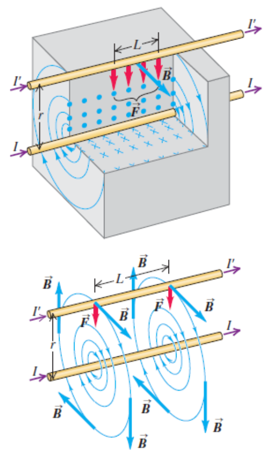

cuando la longitud $2a$ es muy grande en comparación con $x$ del punto $P$, se puede considerar el límite

$$a \to \infty, \sqrt{x^2+a^2} \approx a \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$$

# Fuerza entre alambres paralelos

La fuerza que ejerce el campo de uno de los conductores sobre una longitud $L$ en la posición del otro es:

$$\vec{F} = I'\vec{L} \times \vec{B} \qquad F = I'LB = \frac{\mu_0 I I' L}{2\pi r}$$




**28.9** Los conductores paralelos que transportan corrientes en el mismo sentido se atraen uno al otro. Los diagramas muestran cómo el campo magnético $\vec{B}$ causado por la corriente del conductor inferior ejerce una fuerza $\vec{F}$ sobre el conductor superior.

El campo magnético del alambre inferior ejerce una fuerza de atracción sobre el alambre superior. De igual modo, el alambre superior atrae al de abajo.

Si los conductores transportaran corrientes en sentidos *opuestos*, se *repelerían* uno al otro.

Un ampere es la corriente invariable que, si está presente en dos conductores paralelos infinitos separados por un metro de espacio vacío provoca que cada conductor experimente una fuerza de $2 \times 10^{-7}$ Newtons por metro de longitud.

# Campo magnético de una espira circular

Las componentes del campo serán:

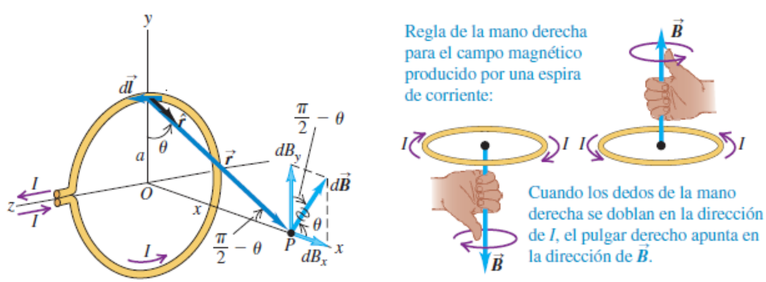
$$dB_x = dB\cos\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}\frac{a}{(x^2+a^2)^{1/2}} \tag{1}$$

$$dB_y = dB\sin\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}\frac{x}{(x^2+a^2)^{1/2}} \tag{2}$$

Los elementos del lado opuesto de la espira suman las componentes en $x$ pero cancelan las componentes perpendiculares, por lo tanto el campo sobre el eje de la espira será:

$$B_x = \int \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{a\,dl}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2+a^2)^{3/2}}$$

**28.12** Campo magnético en el eje de una espira circular. La corriente en el segmento $d\vec{l}$ genera el campo $d\vec{B}$, que está en el plano $xy$. Las corrientes de los otros $d\vec{l}$ generan $d\vec{B}$ con distintas componentes perpendiculares al eje $x$; la suma de estas componentes es cero. Las componentes $x$ de los elementos $d\vec{B}$ se combinan para dar el campo total $\vec{B}$ en el punto $P$.



# Campo magnético sobre el eje de una bobina

El campo sobre el eje central de una bobina de $N$ espiras circulares muy juntas

$$B_x = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}} \qquad B_x(0) = \frac{\mu_0 N I}{2a}$$

El momento dipolar magnético de una espira es $\mu = IA$, con $A = \pi a^2$, si la bobina tiene $N$ espiras el momento magnético total será $\mu = NIA$, el valor del campo **sobre el eje** de la bobina será

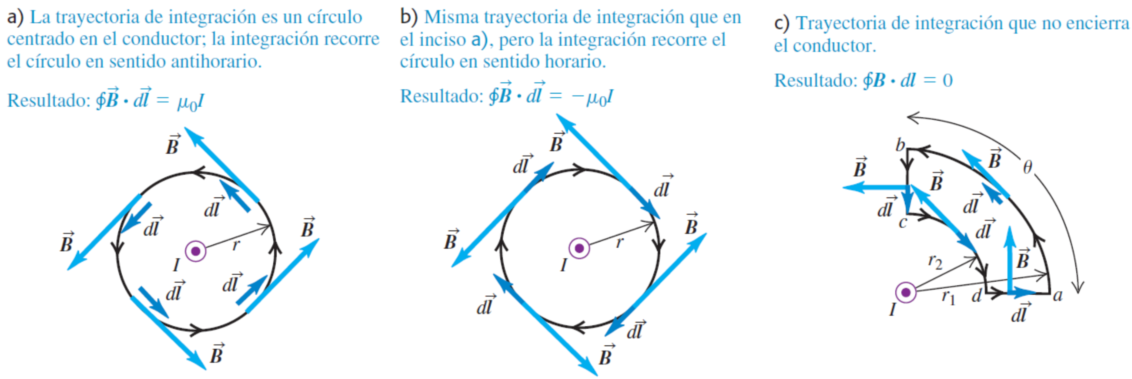
$$B_x = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

Ese es el campo magnético producido por un dipolo magnético $\vec{\mu}$ a lo largo del eje del dipolo.

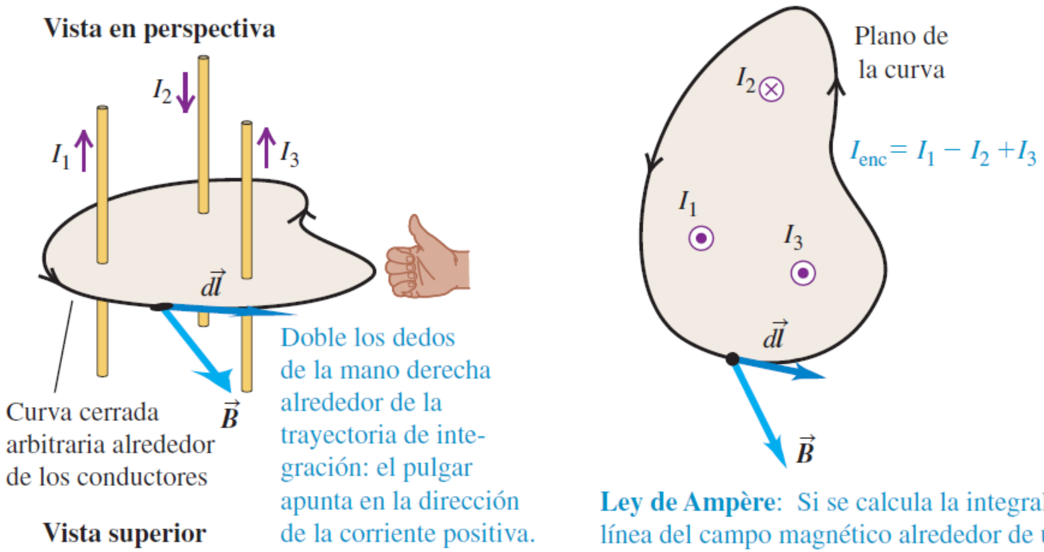
# Ley de Ampère

La ley de Amère está formulada en término de la integral de línea de $\vec{B}$ alrededor de una trayectoria cerrada y el resultado es proporcional a la suma algebraicaa da las corrientes encerradas por la trayectoria de integración

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0\, I_{enc}$$



# Ley de Ampère




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