Electromagnetismo I

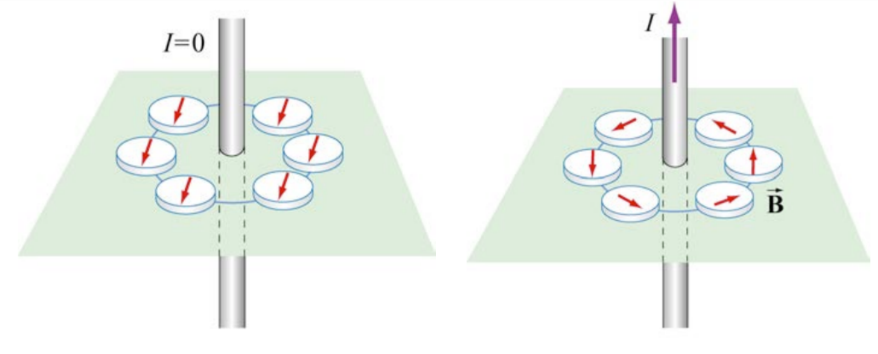
S15 - Ley de Ampere

Josue Meneses Díaz

Universidad de Santiago de Chile

Ley de Ampere

Campo generado por una alambre infinito

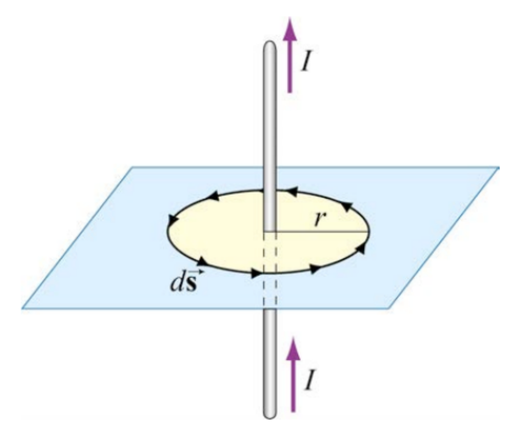


Anteriormente, hemos calculado que el campo magnético generado por un alambre infinito es:

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

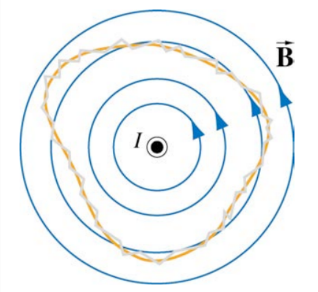
Ahora definimos una trayectoria circular como se muestra en la figura. Dividamos ahora un camino circular de radio r en un gran número de pequeños vectores de longitud $\Delta\vec{s} = \Delta s\hat{\theta}$, que apuntan a lo largo de la dirección tangencial con una magnitud Δs. En el límite $\Delta s \to 0$, obtenemos:

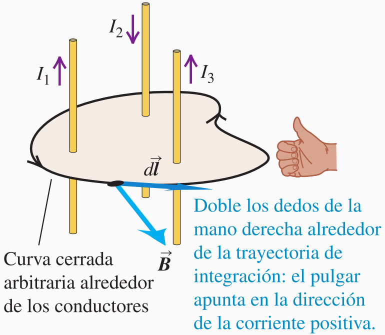
$$\vec{B} \cdot d\vec{s} = B \oint ds = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}(2\pi r) = \mu_0 I$$

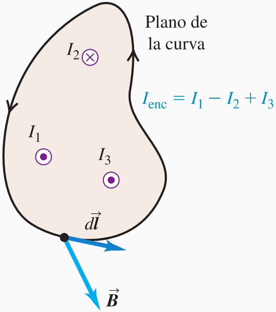


La integral de línea de $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ alrededor de cualquier trayectoria cerrada es igual a $\mu_0 I_{enc}$, donde I_{enc} es la corriente total estable que pasa a través de cualquier superficie limitada por la trayectoria cerrada.

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



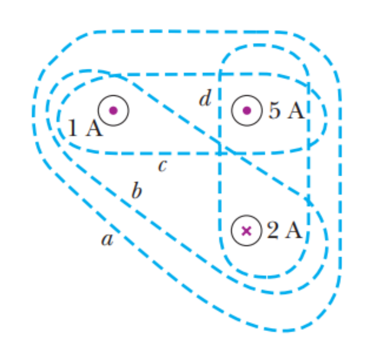


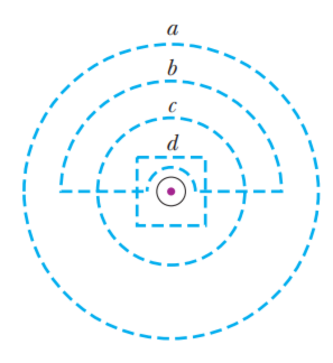


Ley de Ampère: Si se calcula la integral de línea del campo magnético alrededor de una curva cerrada, el resultado es igual a μ_0 multiplicada por la corriente total encerrada: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc}$.

Ejemplo

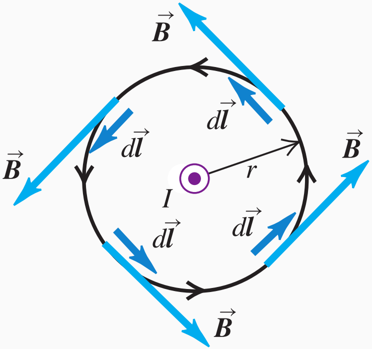
Aplicar la ley de Ampere a la trayectoria que se muestra en la figura.





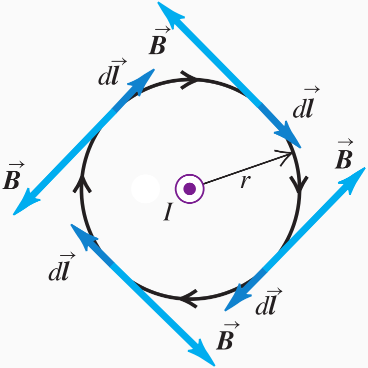
a) La trayectoria de integración es un círculo centrado en el conductor; la integración recorre el círculo en sentido antihorario.

Resultado: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$



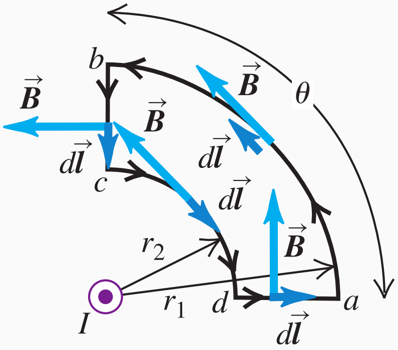
b) Misma trayectoria de integración que en el inciso *a*), pero la integración recorre el círculo en sentido horario.

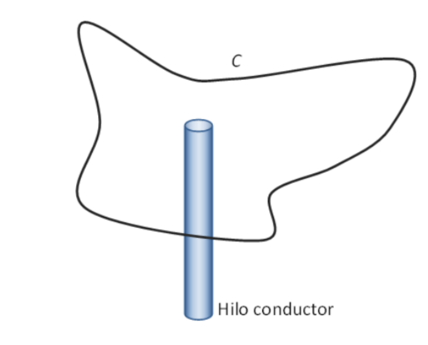
Resultado: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = -\mu_0 I$

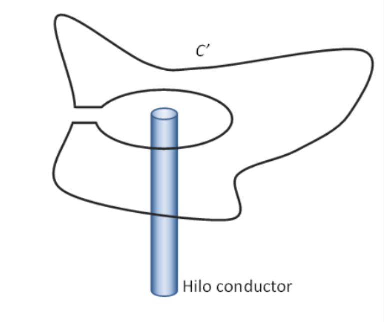


c) Trayectoria de integración que no encierra al conductor.

Resultado: $\oint \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{l} = 0$




C
Hilo conductor

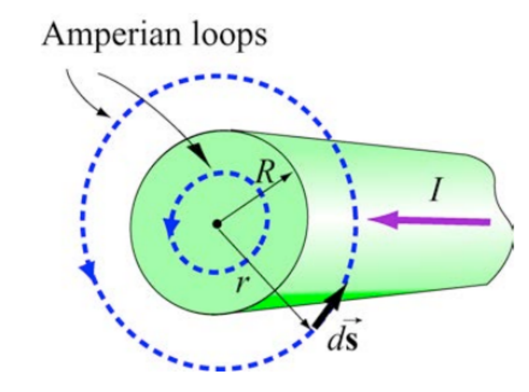

C'
Hilo conductor

Ejercicios

Ejemplo (Cable infinito)
Encontrar, utilizando la ley de Ampere, el campo magnético generado por un cable infinito de radio despreciable.

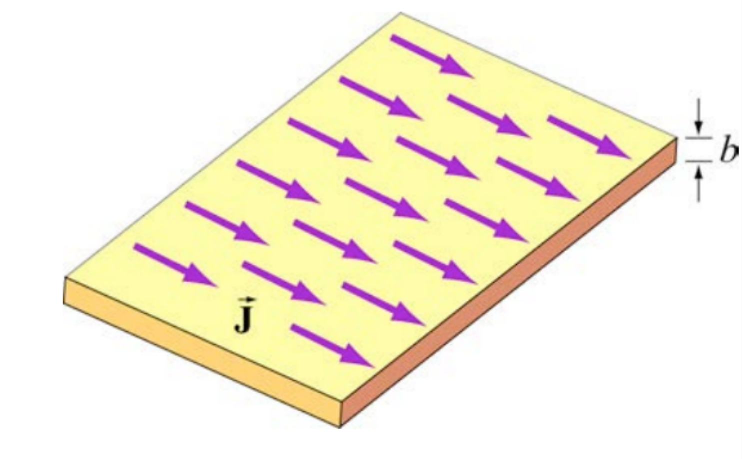
Ejemplo (Campo interior y exterior de un cable portador de corriente)

Considere un cable largo y recto de radio R que lleva una corriente I de densidad de corriente uniforme. Encuentra el campo magnético en todas partes.



Ejemplo (Placa infinita)

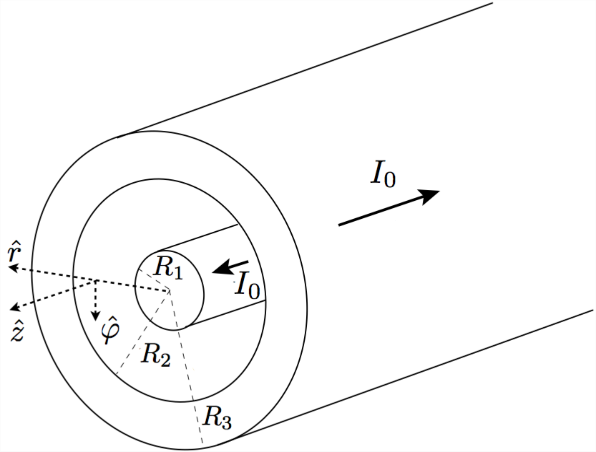
Considérese una placa infinitamente grande de espesor b situada en el plano xy con una densidad de corriente uniforme $\vec{J} = J_0\hat{i}$. Encontrar el campo magnético en todas partes.



Ejemplo (Campo cascaron cilindrico)
Encontrar el campo magnético generado por un cilindro de radio interno a y externo b en todas sus regiones.

Ejemplo (Cable coaxial)

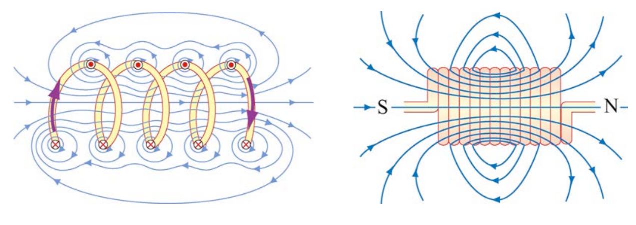
Encontrar el campo magnético en todas partes de un cable coaxial como el mostrado en la figura.



Solenoides

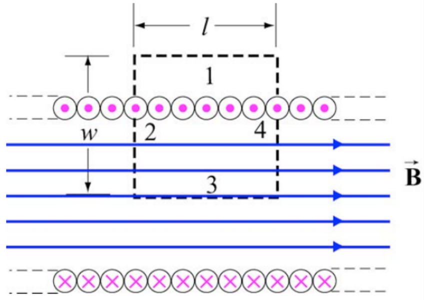
Solenoide

Un solenoide es una larga bobina de alambre enrollada firmemente en forma helicoidal como en la figura.



Vemos que si las vueltas están muy espaciadas, el campo magnético resultante dentro del solenoide se vuelve bastante uniforme, siempre que la longitud del solenoide sea mucho mayor que su diámetro. Para un solenoide “ideal”, que es infinitamente largo con vueltas muy apretadas, el campo magnético dentro del solenoide es uniforme y paralelo al eje, y desaparece fuera del solenoide.

Podemos usar la ley de Ampere para calcular la intensidad del campo magnético dentro de un solenoide ideal. La vista transversal de un solenoide ideal es:



Para calcular $\vec{B}$, consideramos un camino rectangular de longitud l y ancho w y recorremos el camino en sentido antihorario. La integral de línea de $\vec{B}$ a lo largo de este bucle es

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

En el caso anterior, las contribuciones a lo largo de los lados 2 y 4 son cero porque $\vec{B}$ es perpendicular a $d\vec{s}$. Además, $\vec{B} = \vec{0}$ a lo largo del lado 1 porque el campo magnético es distinto de cero sólo dentro del solenoide. Por otro lado, la corriente encerrada por el bucle amperiano es $I_{enc} = NI$, donde N es el número de vueltas encerradas. La aplicación de la ley de Ampere produce

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = Bl = \mu_0 NI$$

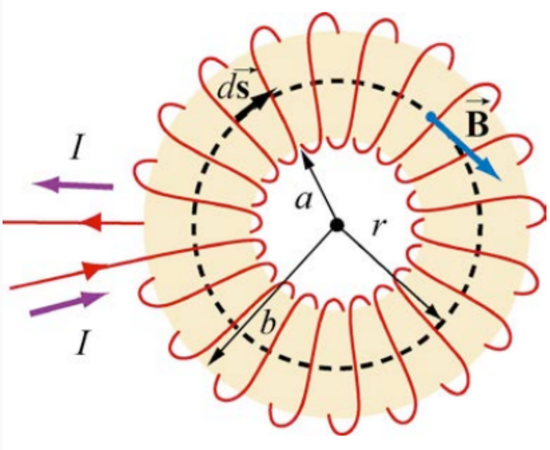
El campo magnético dentro de un solenoide es entonces

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \mu_0 nI$$

Ejemplos 2

Ejemplo (Campo magnético de un toroide)

Considere un toroide que consta de N vueltas, con radio interior a y radio exterior b. Encontrar el campo magnético en todas partes



Resumen

Resumen

La magnitud del campo magnético a una distancia r de un alambre recto infinitamente largo que transporta una corriente I es

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

La ley de Ampere establece que la integral de línea de $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ alrededor de cualquier lazo cerrado es proporcional a la corriente total constante que pasa a través de cualquier superficie que está limitada por el lazo cerrado,

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

El campo magnético dentro de un toroide que tiene N alambres espaciados estrechamente y que transporta una corriente I está dado por

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

donde r es la distancia desde el centro del toroide.

El campo magnético dentro de un solenoide que tiene N alambres espaciados estrechamente y que transporta una corriente I en una longitud l está dado por

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

Referencia

Referencia

Freedman, Young, y S. Zemansky. 2009. «28 FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO 28.5 Campo Magnético de Una Espira Circular de Corriente. 28.6 Ley de Ampère. 28.7 Aplicaciones de La Ley de Ampère». En *Física Universitaria*.

Serway, Raymond A., y John W. Jewett. 2005. «30 Fuentes Del Campo Magnético. 30.3 Ley de Ampère. 30.4 Campo Magnético de Un Solenoide». En *Física Para Ciencias e Ingeniería Con Física Moderna*, 7ma ed. Vol. 2. CENGAGE learning.