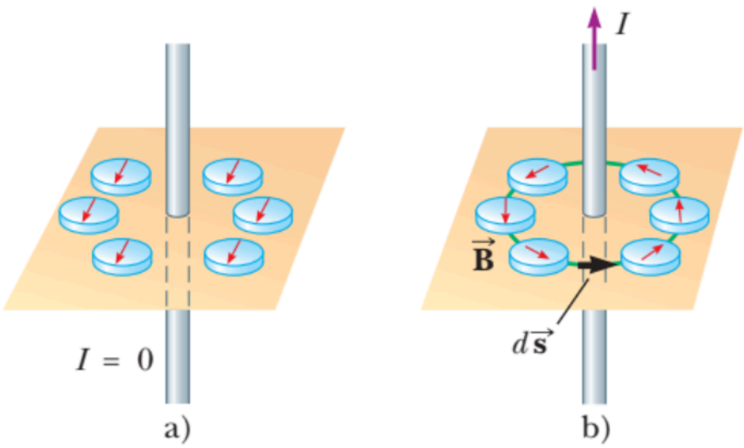
Ley de Ampère

Nicolás Paredes, María José Martínez, Sebastián Paredes y María Camila González

Introducción:

En 1819, Oersted descubrió que una corriente eléctrica en un alambre desvía la aguja de una brújula. Esto muestra que la corriente produce un campo magnético. Puedes demostrarlo colocando varias brújulas cerca de un alambre con corriente. Sin corriente, las brújulas apuntan en la misma dirección (hacia el polo norte de la Tierra), como se ve en la Figura a. Cuando el alambre lleva una corriente intensa, las agujas de las brújulas se desvían en dirección tangente al círculo, la dirección del campo magnético creado por la corriente, como se ve en la Figura b.



Dicho esto, la Ley de Ampère, una de las leyes fundamentales del electromagnetismo, establece la relación entre la corriente eléctrica y el campo magnético que se produce a su alrededor. Fue formulada por el físico francés André-Marie Ampère a principios del siglo XIX y ha sido crucial en el desarrollo de la física moderna y la ingeniería eléctrica.

Desarrollo del problema:

De acuerdo con la Ley de Ampère, la integral de camino en una trayectoria cerrada c del producto del campo magnético B y una porción infinitesimal ds del camino cerrado, es igual a $u_0 I$. Donde u_0 es la permeabilidad magnética, definida como una constante física que describe la capacidad de un medio para permitir que los campos magnéticos se propaguen a través de él. I es la corriente total estable que pasa a través de cualquier superficie limitada por la trayectoria cerrada c. Esta se define como:

$$\oint_c \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \mu_0 I$$

En resumen, la ley de Ampere establece que cuando fluyen corrientes eléctricas a través de un espacio, se genera un campo magnético alrededor de estas corrientes, como se evidencia en la Figura b.

<u>Problema:</u>

Un alambre recto de radio R porta una corriente estable I que se distribuye uniformemente a través de la sección transversal del alambre, como se evidencia en la Figura 3. Calcule el campo magnético para $r \geq R$ y para $r < R$.

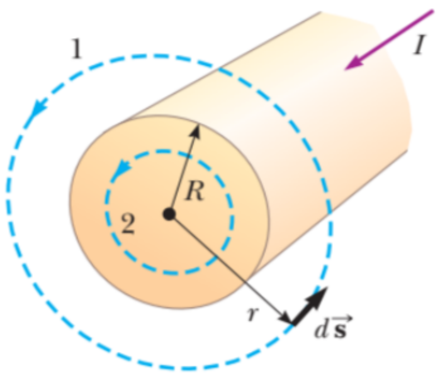


Figura 3

<u>Solución:</u>

Para $r \geq R$

Ya que el alambre tiene un alto grado de simetría, este ejemplo se clasifica como un problema de ley de Ampère.

Comenzamos definiendo nuestra trayectoria de integración c como una circunferencia de radio r centrada en el alambre, circunferencia 1 en la figura 3:

$$\oint_c \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \mu_0 I$$

Donde el vector B y el vector ds son paralelos en toda la trayectoria.

$$\vec{B}||\overrightarrow{ds}$$

$$\oint_c Bdscos(0^\circ) = \mu_0 I$$

$$\oint_c Bds = \mu_0 I$$

B es constante en todos los puntos de c, por ende:

$$B \oint_c ds = \mu_0 I$$

La integral de camino en c para ds es igual a la suma de todas las porciones de ds, lo cual resulta en la longitud de c, que forma una circunferencia de radio r

$$B(2\pi r) = \mu_0 I$$

Despejando para B, obtenemos el campo magnético para $r \geq R$.

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

Para $r < R$

Comenzamos definiendo nuestra trayectoria de integración c como una circunferencia de radio r centrada en el alambre, circunferencia 2 en la figura 3:

$$\oint_c \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \mu_0 I'$$

En este caso la corriente $I`$ que pasa a través del plano del círculo 2 es menor que la corriente total $I$. Por esto, establecemos la relación de la corriente $I`$ encerrada por el círculo 2 a la corriente total I igual a la relación del área πr^2 encerrada por el círculo 2 al área de sección transversal πR^2 del alambre:

$$\frac{I´}{I} = \frac{\pi r^2}{\pi R^2}$$

Despejando $I`$

$$I´ = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} I$$

Aplicamos ley de Ampère al círculo 2:

$$\oint_c \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \mu_0 I´$$

Donde el vector B y el vector ds son paralelos en toda la trayectoria.

$$\vec{B} || \overrightarrow{ds}$$

$$\oint_c B ds cos(0^\circ) = \mu_0 I´$$

$$\oint_c B ds = \mu_0 I´$$

B es constante en todos los puntos de c, por ende:

$$B \oint_c ds = \mu_0 I´$$

La integral de camino en c para ds es igual a la suma de todas las porciones de ds, lo cual resulta en la longitud de c, que forma una circunferencia de radio r

$$B(2\pi r) = \mu_0 I'$$

Reemplazamos el valor de I`

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

Despejando para B, obtenemos el campo magnético para $r < R$.

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

Conclusión:

Aplicaciones de la Ley de Ampère:

1. Diseño de Solenoides: Los solenoides son dispositivos comunes que generan campos magnéticos uniformes cuando se aplica corriente eléctrica a través de ellos. La Ley de Ampère es fundamental para diseñar y calcular la intensidad del campo magnético dentro de un solenoide.
2. Electromagnetismo Industrial: En aplicaciones industriales, como la fabricación de motores eléctricos o transformadores, la Ley de Ampère se utiliza para comprender y controlar los campos magnéticos generados por corrientes eléctricas.
3. Resolución de Problemas de Circuitos Magnéticos: En ingeniería eléctrica, la Ley de Ampère se emplea para resolver problemas relacionados con circuitos magnéticos, como calcular la inductancia en bobinas y transformadores.
4. Imágenes por Resonancia Magnética (IRM): La Ley de Ampère es fundamental en la tecnología de IRM, donde se utilizan campos magnéticos para producir imágenes detalladas del interior del cuerpo humano con fines médicos.