Universidad Autónoma de Baja California   FIAD

Electricidad y Magnetismo

Ley de Ampére

Profesor: Dr. Jorge Octavio Mata Ramirez

Mayo de 2021

Andrè-Marie Ampére (1775-1836) fue un matemático, químico y filósofo frances quien fundó la ciencia del electromagnetismo. La unidad de medida para la corriente eléctrica fue nombrada en su honor.

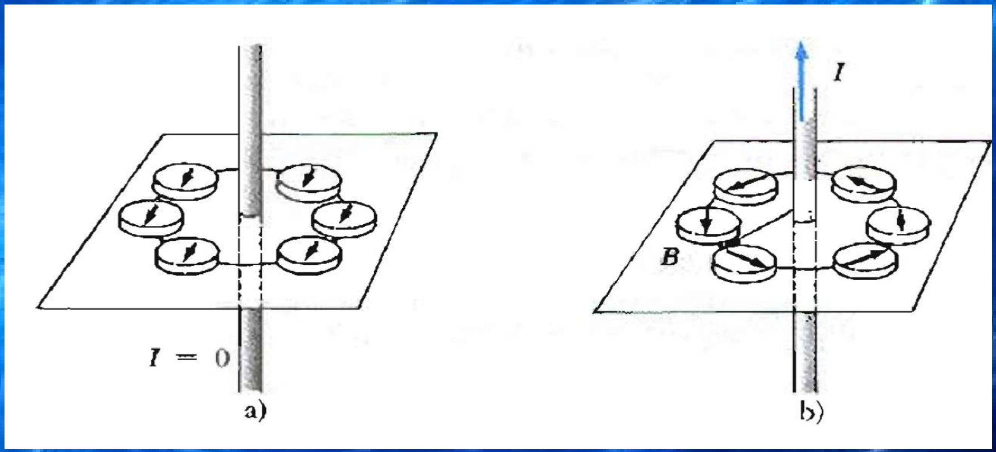
Se acredita a Ampére el descubrimiento del electromagnetismo -la relación entre corriente eléctrica y el campo magnético-. Ampére influenciado por el físico danes Hans Cristian Oersted, presento una serie de trabajos exponiendo la teoría y las leyes básicas del electromagnetismo, que él llamaba electrodinámica, para diferenciarlos del estudio de las fuerzas eléctricas estacionarias, el cual llamaba electrostática.

Ley de Ampére

Un experimento simple realizado por primera vez por Oersted en 1820 demostró claramente el hecho de que un conductor que lleva una corriente produce un campo magnético. En este experimento, varias brújulas se colocan en un plano horizontal cercanas a un alambre largo vertical (figura 1a). Cuando no existe corriente en el alambre, todas las brújulas apuntan en la misma dirección, como se esperaría. Sin embargo, cuando el alambre lleva una gran corriente estable, las brújulas necesariamente se desviarán en la dirección tangente a un círculo (figura 1b). Estas observaciones demuestran que la dirección de **B** es congruente con la regla de la mano derecha.

Si se toma un alambre con la mano derecha de tal forma que el dedo pulgar apunte en la dirección de la corriente, los dedos curvados definirán la dirección de **B**.

Cuando la corriente se invierte, necesariamente las brújulas se invertirán también.



Por simetría, la magnitud de B es la misma en cualquier lugar sobre una trayectoria circular que está centrada en el alambre y que se encuentra en un plano perpendicular al alambre. Si se varía la corriente y la distancia al alambre, se encuentra que B es proporcional a la corriente e inversamente proporcional a la distancia al alambre.

Ahora se evaluará el producto $B \cdot ds$ y se sumarán estos dos productos sobre la trayectoria circular centrada en el alambre. A lo largo de esta trayectoria los vectores dsy B son paralelos en cada punto (figura 1b), asi que $B \cdot ds = Bds$. Además, B es constante en magnitud sobre este círculo y está dado por la ecuación $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$. Por lo tanto la suma de los productos $B \cdot ds$ está dado por:

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

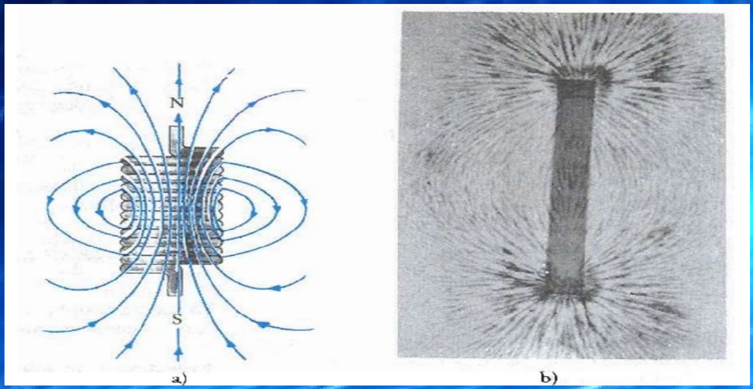
donde $\oint ds = 2\pi r$ es la circunferencia del círculo.

Este resultado es conocido como la ley de Ampére, fue encontrado por el caso especial de una trayectoria circular alrededor del alambre. Sin embargo, el resultado puede aplicarse en el caso general en el que una trayectoria cerrada sea atravesada por una *corriente estable.* Es decir,

La ley de Ampere establece que la integral de línea de $B \cdot ds$ *alrededor de cualquier trayectoria cerrada es igual* $\mu_0 I$*, donde I es la corriente estable total que pasa a través de cualquier superficie limitada por la trayectoria cerrada.*

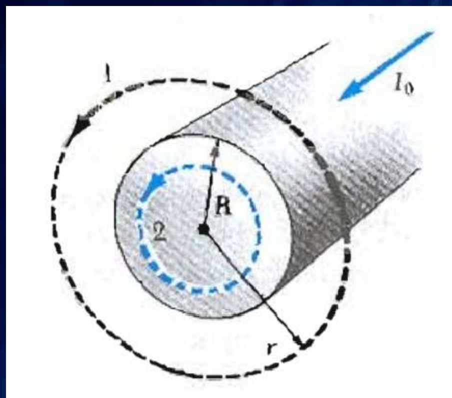
$$\oint B \cdot ds = \mu_0 I$$

La ley de Ampére es válida solo para corrientes estables, Además, la ley de Ampere se utiliza para el cálculo de campos magnéticos de configuraciones de corriente con alto grado de simetría, precisamente como la ley de Gauss se utiliza solo para calcular el campo eléctrico de distribuciones de carga de alta simetría.



Los siguientes ejemplos mostrarán algunas configuraciones simétricas donde se utiliza la ley de Ampere.

- El campo B de un alambre largo:

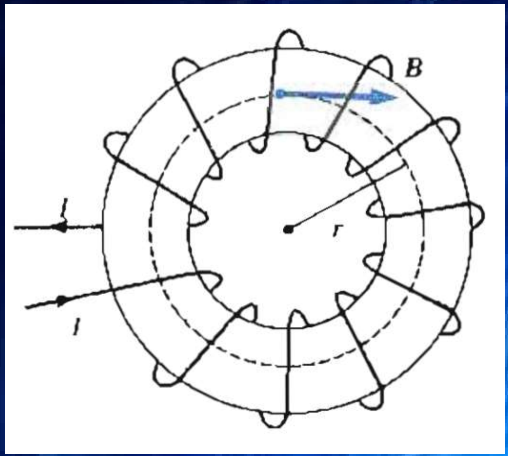


Un alambre largo recto de radio R lleva una corriente estable I_0que está uniformemente distribuida a través de la sección transversal del alambre. Calcúlese el campo magnético a una distancia r del centro del alambre en las regiones $r \geq R$y$r \leq R$.

Aplicando ley de Ampere y siguiendo la trayectoria se obtiene que: $\oint B \cdot ds = B(2\pi r) = \mu_0 (\frac{r^2}{R^2} I_0)$

$B = (\frac{\mu_0 \, I_0}{2\pi R^2}) r$ para r<R

- Campo magnético de una bobina toroidal:



Una bobina toroidal consta de N vueltas de alambre alrededor de una estructura en forma de aro. Suponiendo que las vueltas están estrechamente espaciadas, calcúlese el campo magnético en el interior de la bobina, a una distancia r de su centro.

Solución:

Para calcular el campo magnético en el interior de la bobina, se evalúa la integral de linea de $B \cdot ds$ sobre un círculo de radio r. Por simetría, se ve que el campo magnético es constante en magnitud sobre esta trayectoria y tangente a esta, asi que $B \cdot ds = B\,ds$. Además, obsérvese que la trayectoria cerrada encierra las espiras del alambre, cada uno de los cuales lleva una corriente *I.* Por lo tanto, en este caso, el lado derecho de la ecuación de l ley de Ampere, es $\mu_0 NI$. Aplicando la ley de Ampere a esta trayectoria se obtiene entonces,

$$\oint B \cdot ds = B \oint ds = B(2\pi r) = \mu_0 NI$$

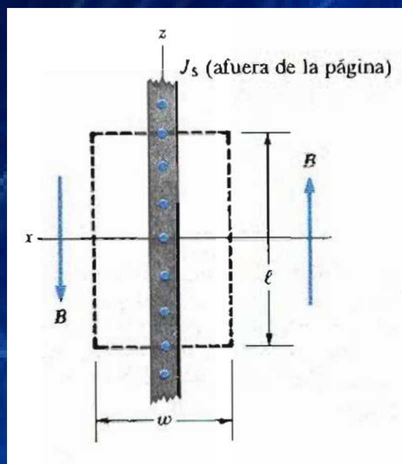
$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

Universidad Autónoma de Baja California FIAD

Mayo de 2021

otras aplicaciones:

- Campo magnético de una placa infinita de corriente.

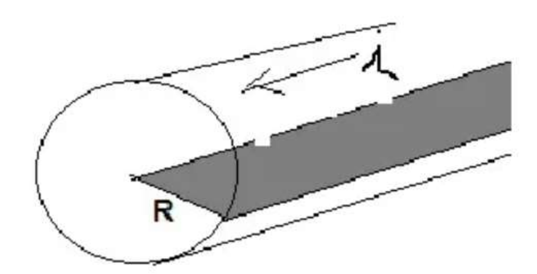


$$\oint B \cdot ds = \mu_0 I = \mu_0 J_s l \quad \Rightarrow 2Bl = \mu_0 J_s l$$

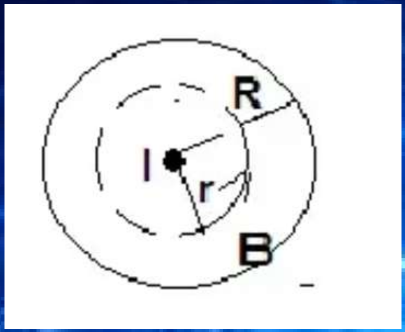
$$B = B\frac{J_s}{2}$$

Ejercicios aplicando ley de Ampere

Un alambre de cobre transporta una corriente de 10 A. Halle el flujo magnético por metro del alambre en una superficie plana S dentro del alambre.



El flujo de campo magnético a traves de la superficie abierta sombreada con color gris es diferente de cero.
visto de frente el cilindro, por la ley de ampere.



Solución:

A una distancia r el campo magnético aplicado la Ley de amper se tiene que:

$$B = \frac{\mu I r}{2\pi a^2} = \frac{\mu I r}{2\pi r^2}$$

Entonces el flujo magnético resulta ser el área sombreada en la figura:

$\Phi = \oint Bda = \int_0^r \frac{\mu IrL}{2\pi r^2} dr = \frac{\mu IL}{2\pi r^2} \int_0^r rdr = \frac{\mu IL}{2\pi r^2}\frac{r^2}{2}$ desde 0 hasta r

$$= \frac{\mu IL}{4\pi}$$

a una distancia r el campo magnético aplicando el resultado, expresamos la corriente con:

$$\frac{\Phi}{L} = \frac{\mu I}{4\pi} = 10^{-6}\, wb/m$$

Bibliografía:

Serway R. *Electricidad y Magnetismo.* Tercera edición. Mc Graw Hill.

Tippens P. *Física: conceptos y aplicaciones.* séptima edición. Mc Graw Hill.