

La Ley de Ampère Generalizada

7.3.1 Vector intensidad de campo magnético, \vec{H} .

Un campo magnético \vec{B} en un medio material provoca la magnetización de la materia, proceso que consiste en la orientación de pequeños dipolos magnéticos (espiras elementales de corriente eléctrica) cuya suma por unidad de volumen da lugar al vector magnetización, \vec{M} . Como en el caso de los vectores \vec{D} , \vec{P} y \vec{E} , a cualquier punto de un material magnetizado le podremos asociar tres vectores magnéticos, cuyas relaciones son:

$$\vec{M} = \chi_m \cdot \vec{H}; \chi_m \equiv \text{susceptibilidad magnetica del material (adimensional); } \chi_{m \text{ vacio}} = 0$$

$$\vec{B} = \mu_0 \cdot (\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0 \cdot (\vec{H} + \chi_m \cdot \vec{H}) = \mu_0 \cdot (1 + \chi_m) \cdot \vec{H} = \mu \cdot \vec{H} \Rightarrow \mu = \mu_0 \cdot (1 + \chi_m)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu \left[\frac{\text{N}}{\text{A}^2} \right] \equiv \text{permeabilidad magnetica del material } (\mu_{\text{vacio}} = \mu_0) \\ \vec{H} \left[\frac{\text{A}}{\text{m}} \right] \equiv \text{vector intensidad de campo magnetico} \end{array} \right.$$

\vec{H} no tiene un significado físico directo; es, básicamente, una herramienta para el cálculo de \vec{B} en presencia de la materia.

7.3.2 Enunciado.

$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{s} = \int_S \vec{J} \cdot \vec{n} \cdot ds = I_{\text{abrazada por C}}$$

" La circulación (integral de línea) del vector intensidad de campo magnético, \vec{H} , a lo largo de una línea cerrada arbitraria C, es igual a la intensidad de corriente eléctrica real abrazada por dicha línea cerrada."

- La superficie abierta S queda definida por la línea cerrada C; el vector \vec{n} es el vector normal a la superficie abierta S.
- El sentido de la circulación de C impone el sentido del vector \vec{n} ; dicho sentido se determinará por la regla del sacacorchos o regla de la mano derecha.

- Solo hay que considerar las corrientes eléctricas reales que atraviesan la superficie S, aunque el vector intensidad de campo magnético \vec{H} sea debido también a otras corrientes eléctricas reales que se encuentran en el exterior o a corrientes equivalentes de magnetización.
- $I_{\text{abrazada por C}}$ es la corriente eléctrica real neta que atraviesa la superficie abierta S definida por C; si la circulación abraza dos corrientes de intensidad I pero de sentidos contrarios, la corriente eléctrica neta que atraviesa S es cero y, por lo tanto, la circulación de \vec{H} a lo largo de C también será cero.
- El vector magnetización \vec{M} puede existir en ausencia de corrientes eléctricas reales (materiales ferromagnéticos con magnetización permanente \equiv imanes permanentes); en estos casos \vec{B} y \vec{H} aparecen en el material como consecuencia de \vec{M} (corrientes equivalentes de magnetización). La corriente eléctrica real abrazada será para cualquier circulación siempre igual a cero, pero esto no implica que el vector intensidad de campo magnético \vec{H} en los puntos de la línea cerrada C sea cero.

$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0 \text{ [A]} \Rightarrow \vec{H}_{\text{puntos de la línea C}} = \vec{0} \left[\frac{\text{A}}{\text{m}} \right]$$

$$\vec{H}_{\text{puntos de la línea C}} = \vec{0} \left[\frac{\text{A}}{\text{m}} \right] \Rightarrow \oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0 \text{ [A]}$$

7.3.3. Aplicaciones al cálculo de \vec{B} .

La ley de Ampère generalizada, de la forma anteriormente enunciada, se cumple cuando los circuitos de corriente eléctrica son estacionarios; el término de acumulación de carga real en la ecuación de continuidad debe ser cero.

La ley de Ampère se utilizará como herramienta para calcular el módulo de \vec{H} , $|\vec{H}|$, cuando podamos calcular la integral de línea asociada a la circulación de \vec{H} a lo largo de una línea cerrada (anillo amperiano). Esto solo se podrá hacer en muy pocos casos; se tratarán siempre de circulaciones de \vec{H} asociadas a alambres rectos y muy largos, toroides, solenoides infinitos..

La dirección y sentido del vector \vec{H} , así como las posibles variaciones de $|\vec{H}|$ con alguna coordenada espacial, deberán deducirse de un análisis vectorial. Este análisis se hará de la misma forma que el realizado para \vec{B} cuando este se encontraba en el vacío (aplicando la ley de Biot-Savart y el ppo. de superposición). Una vez conocido el vector \vec{H} , el vector inducción magnética en el medio material, \vec{B} , se calculará a través de la relación $\vec{B} = \mu \vec{H}$.