

TEMA 6: Campo magnético

¿Qué vamos a ver este tema?

1. Introducción

2. Fuerza de Lorentz.

3. Fuerza entre dos corrientes

4. Campo magnetostático

5. Ley de Gauss para el campo magnético.

6. Teorema de Ampère

¿Algun comentario o sugerencia para mejorar este recurso?



SCAN ME

1

Introducción

Este tema es continuación de los dos previos (4 y 5). Continuamos con el estudio de otras fuerzas que se ejercen sobre las cargas, las fuerzas magnéticas. La naturaleza peculiar de este tipo de fuerzas reside en cómo surge, fruto precisamente del movimiento de cargas. Estas fuerzas se pueden describir por medio de campos magnéticos, aunque serán perpendiculares al campo ($\vec{F} \perp \vec{B}$).

Este tema estudiaremos la acción de las fuerzas magnéticas, no exclusivamente como o quién origina estos campos magnéticos.

2

FUERZA DE LORENTZ

Suponemos la existencia de una carga q en una región del espacio donde existe un campo eléctrico $\vec{E}$ y un campo magnético $\vec{B}$. Si la carga se mueve con velocidad $\vec{v}$, la fuerza que sufre será: $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = \vec{F}_E + \vec{F}_m$.

! La ley original se estudia en el sig. punto.

Esta expresión se conoce como **LEY DE LAS FUERZAS DE LORENTZ**. Como se observa, es trivial deducir la expresión de fuerza magnética a partir de la expresión:

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$

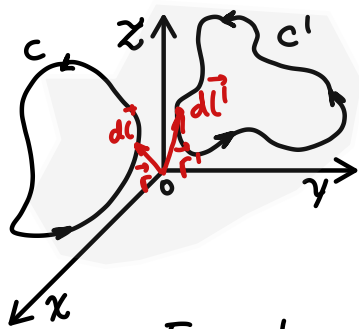
La velocidad y campo magnético, en situación de perpendicularidad, provocará que la carga realice un movimiento circular, manteniendo la velocidad (aunque no su módulo y sentido).

3

FUERZA MAGNÉTICA ENTRE CORRIENTES

Esta ley de las fuerzas de Lorentz fue descubierta experimentalmente en el laboratorio a raíz del estudio de las fuerzas que se ejercen entre corrientes

estacionarias en circuitos cerrados.



Supongamos dos circuitos cerrados en el espacio C y C' , por los que circulan una intensidad I e I' respectivamente. Un trozo infinitesimal del circuito C será $d\vec{l}$, lo mismo para C' con $d\vec{l}'$.

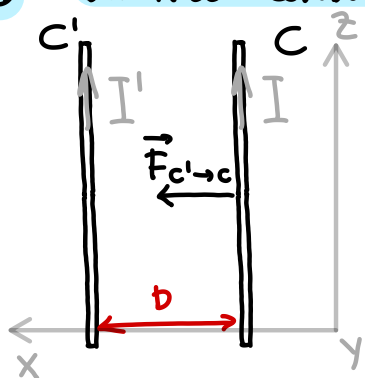
En este caso, la fuerza que el circuito C' ejerce sobre el circuito C , $\vec{F}_{C' \rightarrow C}$, resulta:

$$\vec{F}_{C' \rightarrow C} = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_C I d\vec{l} \times \oint_{C'} \frac{I' d\vec{l}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \quad (*)$$

donde μ_0 es la permeabilidad magnética en el vacío y toma el valor $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$. Esta expresión corresponde a la LEY DE AMPÈRE.

Algunos ejemplos aplicados y revueltos:

➔ DOS HILOS CONDUCTORES PARALELOS CON INTENSIDADES EN EL MISMO SENTIDO.



La fuerza ejercida por el hilo C' sobre un trozo L del hilo C , que llamaremos $\vec{F}_L$ será:

$$\vec{F}_L = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{II'L}{d} \hat{z}$$

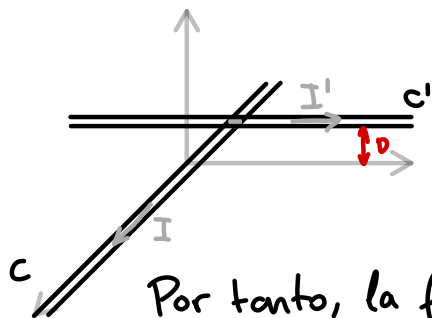
y la fuerza por unidad de longitud que sufre el hilo C se define como

$$\frac{\vec{F}_L}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{II'}{d} \hat{z}$$

La relación entre $\vec{F}_{C' \rightarrow C}$ y $\vec{F}_{C \rightarrow C'}$ viene dada por la tercera ley de Newton:

$$\vec{F}_{C' \rightarrow C} = -\vec{F}_{C \rightarrow C'}$$

➔ DOS HILOS PERPENDICULARES SEPARADOS UNA DISTANCIA D



Puedes ver la demostración en las páginas 195/196 del libro, pero grosso modo:

$$\vec{F}_{C' \rightarrow C} = \frac{\mu_0}{4\pi} II' \hat{j} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{2x dx}{x^2 + D^2} = \vec{0}$$

Por tanto, la fuerza ejercida entre dos hilos en dicha posición será nula.

4

Campo magnetostático

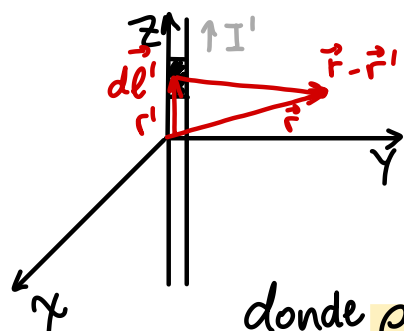
El campo magnético $\vec{B}$ viene dado por la expresión $\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_C \frac{I' d\vec{l}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$, que inferimos de la expresión de fuerza (*).

Como consecuencia de esta definición, la fuerza $F_{C \rightarrow c} = \int I d\vec{\ell} \times \vec{B}(\vec{r})$.

⊗ → Fuerza magnética producida por un campo magnético uniforme sobre un conductor rectilíneo recorrido por una intensidad constante

⊗ más en el libro, pero resumido, $\vec{F}_m = (\int_c I d\vec{\ell}) \times \vec{B} = I \vec{L} \times \vec{B}$

⊗ → CAMPO PRODUCIDO POR UNA CORRIENTE LINEAL INFINITA



⊗ Demostración en el libro (págs 197-198)

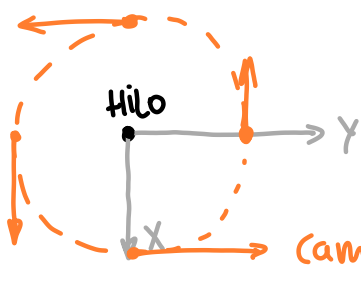
El campo creado por un hilo infinito rectilíneo es:

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

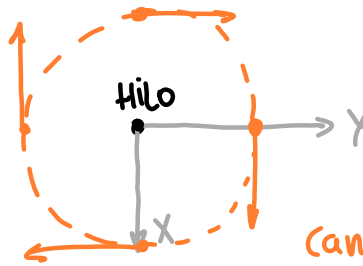
⊗ en el libro sale $\vec{B}(\vec{r})$, aunque $\vec{r}$ no sale en la expresión. Creo que es una errata.

donde ρ es la distancia entre el hilo y el punto, y

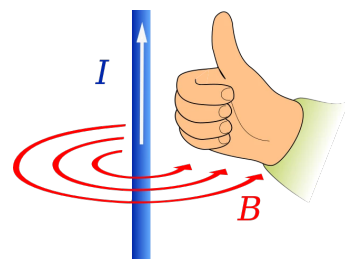
en todo punto con una dirección de campo tangente a la circunferencia.



campo magnético



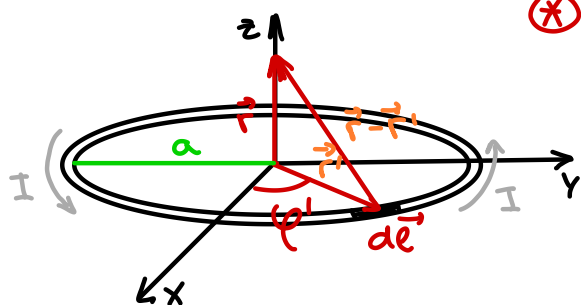
campo



⊗ ¿Cómo determino el sentido con facilidad? Usando la mano derecha. Con la palma abierta, alineamos el pulgar con la dirección y sentido de la corriente. Una vez posicionada, cerramos la palma. El sentido del campo viene dado por el sentido de cierre horario u antihorario de la palma.

⊗ → CAMPO PRODUCIDO POR UN ANILLO [EN EL EJE]

⊗ Demostración en el libro (págs 198-199)



El campo magnético creado viene dado por:

$$\vec{B}(z) = \frac{\alpha^2 \mu_0 I}{2(a^2 + z^2)^{3/2}} \hat{k}$$

z es la distancia en el eje z .

El campo es simétrico y se atenúa en el infinito. Tiene su máximo en $z=0$.

⊗ → CAMPO MAGNÉTICO PARA CORRIENTES VOLUMICAS Y SUPERFICIALES

Haciendo uso de la ley de Ampère y la relación entre el vector densidad de

corriente y la intensidad, en el caso de las corrientes volúmicas y superficiales, el campo magnético que crea una corriente volúmica y superficial será (resp.):

$$\oint \vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} \frac{\vec{j}_V(\vec{r}') \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} dV' \quad \oint \vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{S'} \frac{\vec{j}_S(\vec{r}') \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} dS'$$

👉 Es posible extender estas expresiones a corrientes volúmicas y superficiales.

→ El vector $\vec{r}$ recorre todos los puntos donde existe corriente, lo que ocurre en un volumen V' .

5

LA LEY DE GAUSS PARA EL CAMPO MAGNÉTICO

La ley de Gauss para el campo magnético establece que el flujo magnético a través de cualquier superficie cerrada siempre es cero:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Esto implica que no existen "cargas magnéticas" aisladas (monopolos magnéticos).

6

TEOREMA DE AMPÈRE

Como la ley de Gauss no la podemos usar para cálculo, ya que el flujo magnético siempre será cero, introducimos el **teorema de Ampère**.

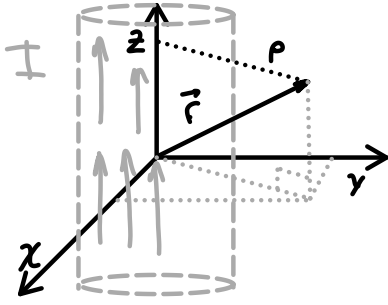
Al igual que una superficie cerrada define un volumen, una trayectoria cerrada puede definir una superficie cuyo borde sea dicha trayectoria. La diferencia se encuentra en que se pueden construir infinitas superficies cuyo borde sea la trayectoria cerrada.

El teorema de Ampère queda: $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 I_S$, donde C es la trayectoria cerrada e I_S la intensidad que atraviesa cualquier superficie S de contorno C .

Este teorema podremos usarlo en situaciones con suficiente simetría.

SITUACIONES CONCRETAS DONDE SE PUEDE APLICAR ELTA

SIMETRÍA CILÍNDRICA



El campo magnético se calcula como $\vec{B} = B(\rho)\hat{\phi}$, en decir, $B(\rho) = \frac{\mu_0 I_s}{2\pi\rho}$.

CASOS:

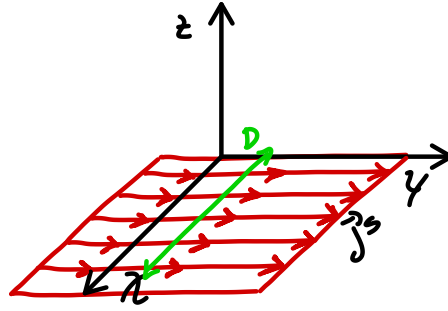
* Hiló rectilíneo infinito

$$\vec{B}(\rho) = \frac{\mu_0 I_s}{2\pi\rho} \hat{\phi}$$

* Cilindro radio $a \rightarrow \infty$, con I' paralelo al eje

$$\vec{B}(\rho) = \begin{cases} \frac{\mu_0 I' \rho}{2\pi a^2} \hat{\phi} & \rho < a \\ \frac{\mu_0 I'}{2\pi\rho} & \rho \geq a \end{cases}$$

SIMETRÍA PLANA

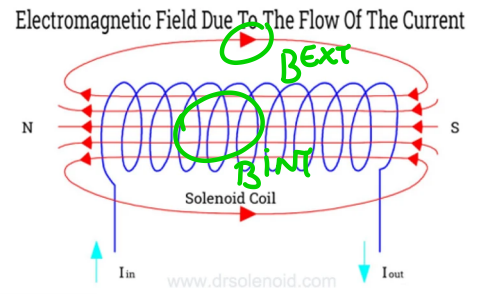


El campo magnético creado viene dado por $\vec{B}(\vec{r}) = \pm B(|z|)\hat{r}$ o

$$B(|z|) = \frac{\mu_0 I_s}{2D} \quad \text{o con}$$

$$\vec{J}_s \text{ constante} \quad B(|z|) = \frac{\mu_0 j_s}{2}$$

SOLENOIDE



El campo $\vec{B}_{EXT}$ se anula, y $B_{INT} = \mu_0 n I$, donde n es el número de espiras del solenoide.

☺ Demostración y explicación en el libro

☺ En otras fuentes, el campo producido por el solenoide viene dado por $B = \frac{\mu_0 n I'}{L}$, donde L corresponde a la longitud del solenoide.

¿Algun comentario o sugerencia para mejorar este recurso?



SCAN ME