

4. MAGNETOSTATICA EN EL VACIO

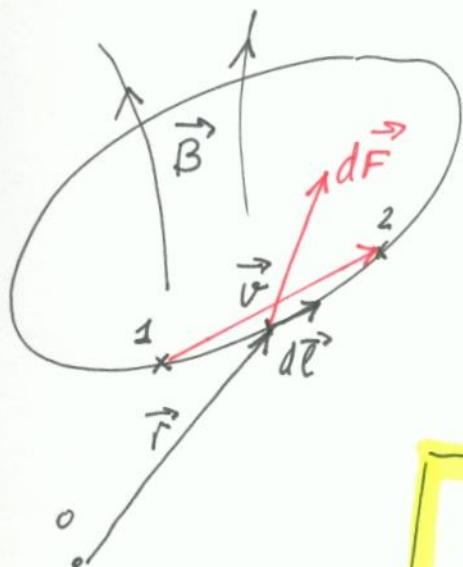
4.1 - FUERZA DE LORENTZ SOBRE UNA CARGA

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

N: 1) $\vec{F} \perp \vec{v}$, POR TANTO $\vec{F}$ NO HACE TRABAJO SOBRE q

2) CAMPO ELECTRICO DE LORENTZ. $\vec{E}_e = \frac{\vec{F}}{q} = \vec{v} \times \vec{B}$

4.2 - FUERZA SOBRE UN CIRCUITO



$$d\vec{F} = dq \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = \frac{dq}{dt} (d\vec{l} \times \vec{B}) = I \cdot (d\vec{l} \times \vec{B})$$

$$\vec{F}_{12} = \int_1^2 I \cdot (d\vec{l} \times \vec{B}) = I \cdot (\vec{l}_{12} \times \vec{B})$$

$\vec{B}$ UNIF.

$$\vec{F}_T = \oint I \cdot (d\vec{l} \times \vec{B}) = 0$$

N: 1) Si $\vec{B}$ ES UNIFORME $\vec{F}_T = I(\oint d\vec{l}) \times \vec{B} = 0$

2) AUNQUE $\vec{F}_T = 0$ PUEDE HABER UN MOMENTO NO NULO

$$d\vec{\tau} = \vec{r} \times d\vec{F} = \vec{r} \times I \cdot (d\vec{l} \times \vec{B})$$

$$\vec{\tau} = I \oint \vec{r} \times (d\vec{l} \times \vec{B}) = I \cdot \left(\frac{1}{2} \oint \vec{r} \times d\vec{l} \right) \times \vec{B}$$

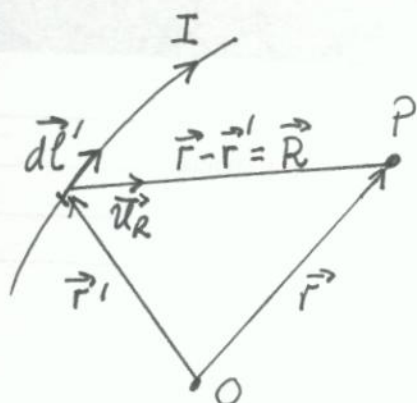
$\vec{B}$ UNIF. $\vec{S}$ (CTO. PLANO)

$$\vec{\tau} = I \cdot \vec{S} \times \vec{B} = \vec{M} \times \vec{B}$$

MOMENTO MAGNETICO $I \cdot \vec{S}$

4.3. LEY DE BIOT-SAVART

2



$$d\vec{B}(P) = \frac{\mu_0}{4\pi} I \cdot \frac{d\vec{l}' \times \vec{u}_R}{R^2}$$

$$\vec{B}(P) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint_C \frac{d\vec{l}' \times \vec{u}_R}{R^2}$$

N: 1) PARA CORRIENTES ESPACIALES O EN SUPERFICIE

$$I d\vec{l}' \rightarrow \vec{J}(\vec{r}') \cdot d\vec{v}' \rightarrow \vec{K}(\vec{r}') \cdot d\vec{s}'$$

2) LA LEY DE B-S ES VALIDA EN MAGNETOSTATICA Y TAMBIEN CON CORRIENTES VARIABLES CON t SIEMPRE QUE LA VARIABILIDAD NO SEA EXTREMA

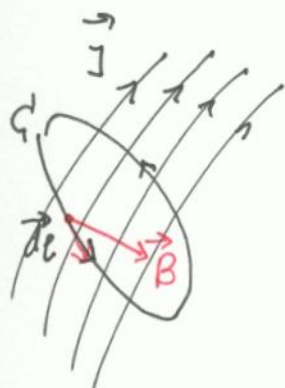
4.4. TEOREMA DE AMPÈRE.

A PARTIR DE LA LEY DE B-S. PUEDE PROBARSE QUE

$$1) \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \text{ SIEMPRE Y } \forall \vec{r} \in \mathbb{R}^3 \text{ (OTRA EC. DE MAXWELL)}$$

$$2) \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}(\vec{r}) \text{ (UNA EC. DE MAXWELL MÁS)}$$

(II) ES LA LEY DE AMPÈRE EN FORMA DIFERENCIAL.



$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \iint_S \vec{\nabla} \times \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \iint_S \vec{J} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I(S)$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I(S_c)$$

LEY DE AMPÈRE EN FORMA INTEGRAL

4.5 - POTENCIAL VECTORIAL

YA QUE $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \Rightarrow$ PUEDE EXISTIR UN CAMPO VECTORIAL $\vec{A}(\vec{r})$ QUE VERIFICA

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

N: $\vec{A}' = \vec{A} + \vec{\nabla} \varphi$ DA EL MISMO $\vec{B}$ QUE $\vec{A}$. SE IMPONE UNA CONDICION ADICIONAL A $\vec{A}$ Y ES $\vec{\nabla} \cdot \vec{A} = 0$

LA ECUACION QUE PERMITE CALCULAR $\vec{A}$ ES

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{A}) = \vec{\nabla} (\vec{\nabla} \cdot \vec{A}) - \vec{\nabla}^2 \vec{A} = \mu_0 \vec{J}$$

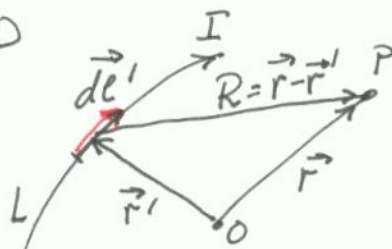
$$\vec{\nabla}^2 \vec{A} = -\mu_0 \vec{J}$$

Si $\vec{J} \rightarrow 0$ PUEDE ESCRIBIRSE QUE

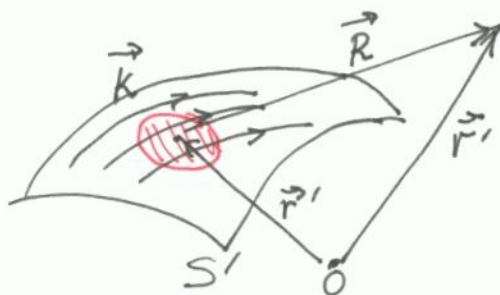
$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{vol'} \frac{\vec{J}(\vec{r}')}{R} dV'$$

N: Para CORRIENTES 1D y 2D

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_L \frac{d\vec{l}'}{R}$$

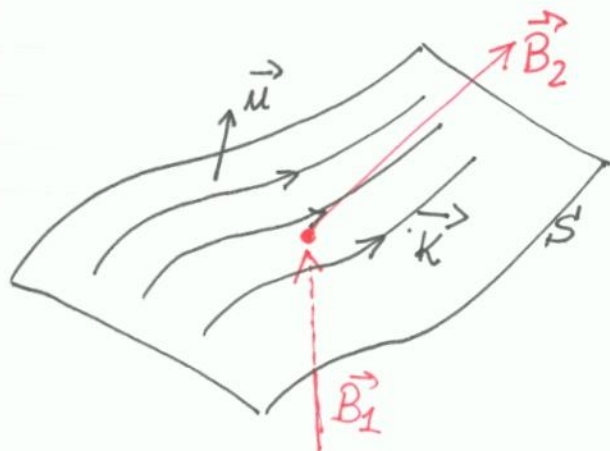


$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{S'} \frac{\vec{K}(\vec{r}')}{R} dS'$$



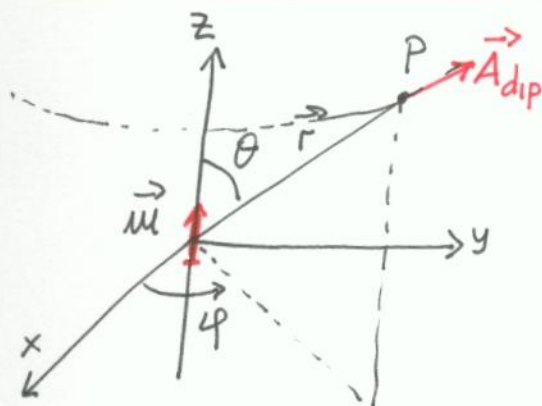
4.6. CONDICIONES DE FRONTERA EN MAGNETOSTATICA

PARA LA MAGNETOSTATICA EN EL VACIO,



$$\vec{B}_2 - \vec{B}_1 = \mu_0 (\vec{k} \times \vec{n})$$

4.7 DIPOLO MAGNETICO



$$\vec{A}_{dip}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{m} \times \vec{u}_r}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \cdot \vec{S} \times \vec{u}_r}{r^2}$$

$$\vec{B}_{dip}(\vec{r}) = \vec{\nabla} \times \vec{A}_{dip} = \frac{\mu_0 m}{4\pi r^3} (2 \cos \theta \vec{u}_r + \sin \theta \vec{u}_\phi)$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi r^3} (3(\vec{m} \cdot \vec{u}_r) \vec{u}_r - \vec{m})$$

EFFECTO DE UN CAMPO MAGNETICO EXTERNO

- a) ENERGIA POTENCIAL: $E_p = -\vec{m} \cdot \vec{B}$
- b) FUERZA NETA $\vec{F} = -\vec{\nabla} E_p = \vec{\nabla} \cdot (\vec{m} \cdot \vec{B})$
- c) MOMENTO $\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B}$