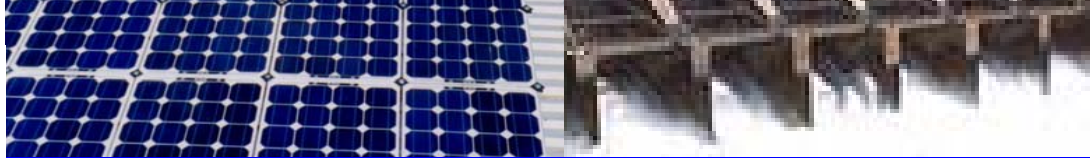


FI33A ELECTROMAGNETISMO

Clase 14

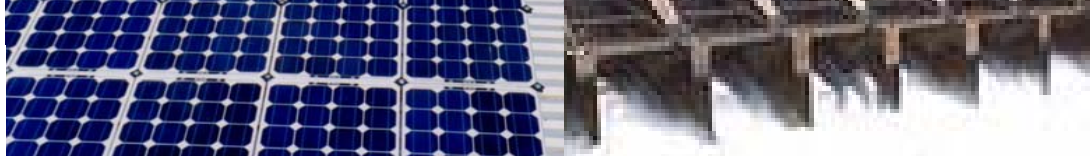
Magnetostática-I

LUIS S. VARGAS
Area de Energía
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile



INDICE

- Introducción
- Fuerza sobre una carga
- Campo magnético
- Regla de la mano derecha
- Campo Magnético Terrestre
- Ley de Biot y Savarat



Introducción

- Primera manifestación a distancia
- Imán
- Campo magnético terrestre
- Principios de motores eléctricos
- Estudiaremos primero régimen estacionario

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow \nabla \cdot \vec{J} = 0$$

Corrientes
constantes

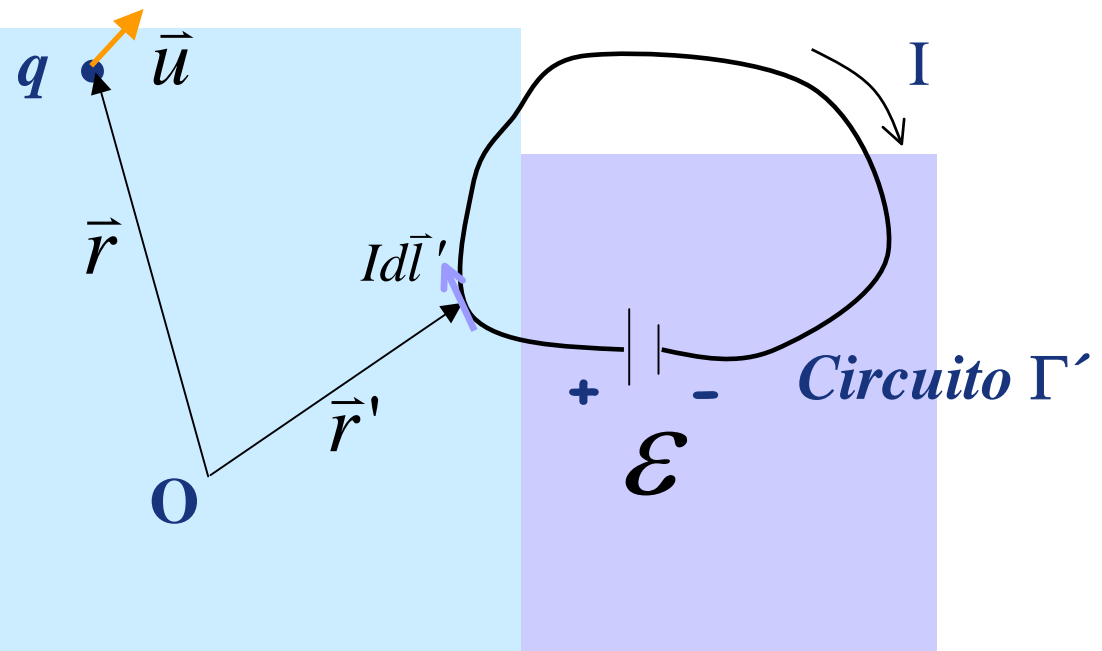


Fuerza sobre una carga

Fuerza sobre q

$$\vec{F} = q\vec{u} \times \oint_{\Gamma'} \frac{\mu_0 I d\vec{l}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi \|\vec{r} - \vec{r}'\|^3}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [H / m]$$



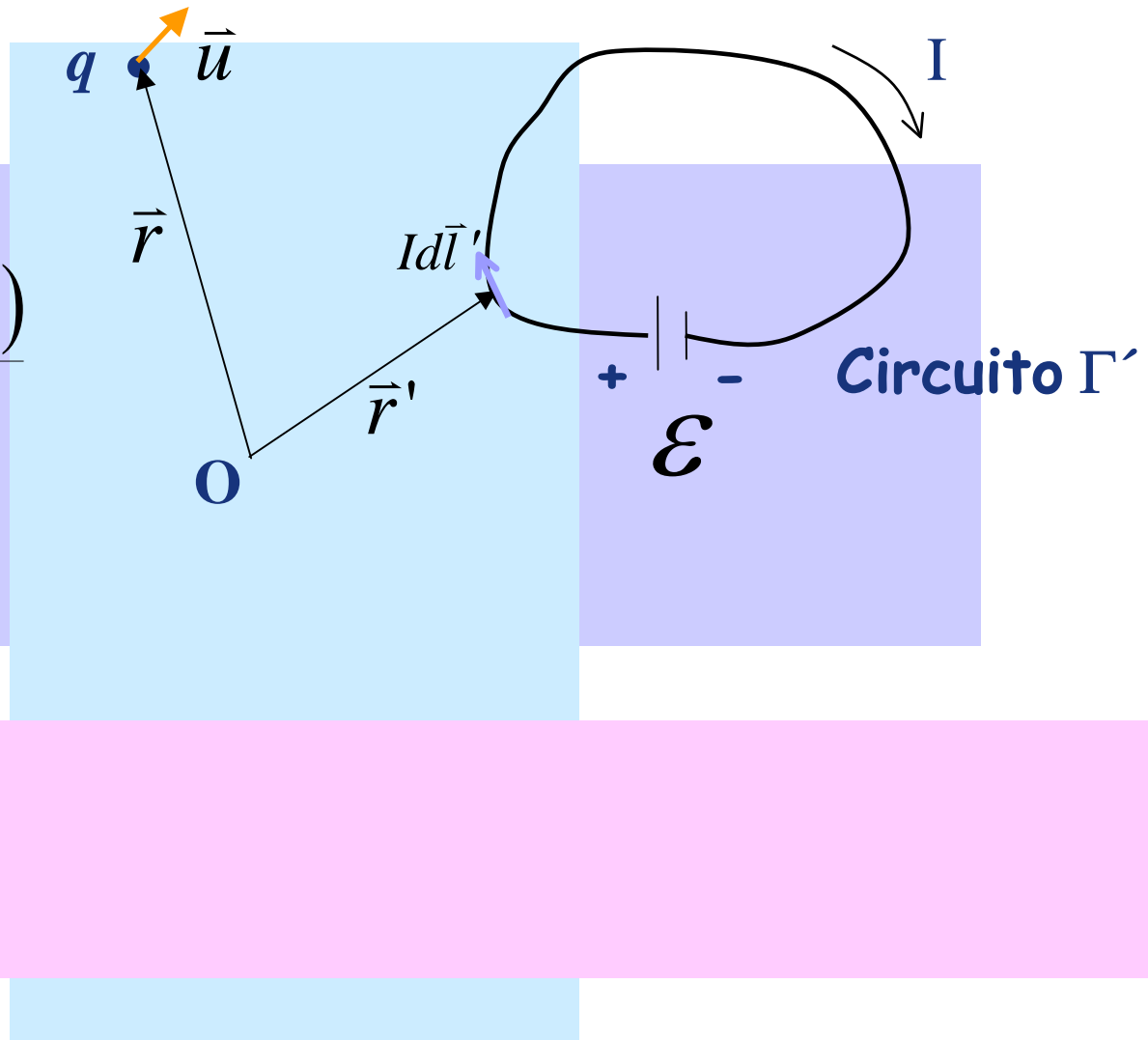
permeabilidad del aire



Campo magnético

Campo producido
por circuito Γ'

$$\vec{B} = \oint_{\Gamma'} \frac{\mu_0 I d\vec{l}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi \|\vec{r} - \vec{r}'\|^3}$$





Fuerza de Lorentz

Fuerza de
Lorentz

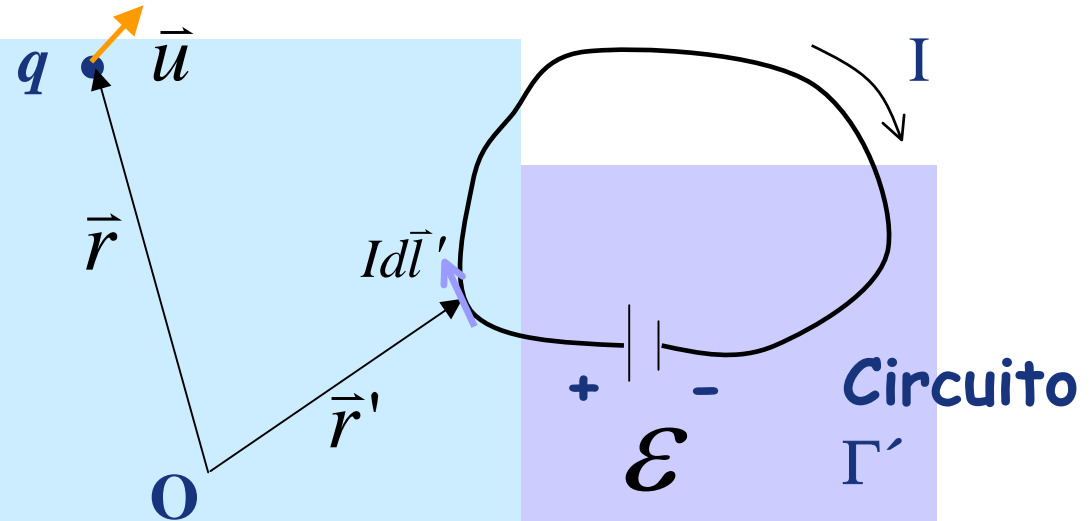
$$\vec{F} = q\vec{u} \times \vec{B}$$

Unidades del campo

$$[F] = [q][V][B] \Rightarrow [B] = \frac{[F]}{[q][V]} = \frac{[N]}{[C][m/seg]}$$

$$1 \text{ Tesla} = [T] = \left[\frac{N}{C \times m/seg} \right]$$

$$1[T] = 10^4 [G]$$



Fuerza sobre una carga

Ejemplo

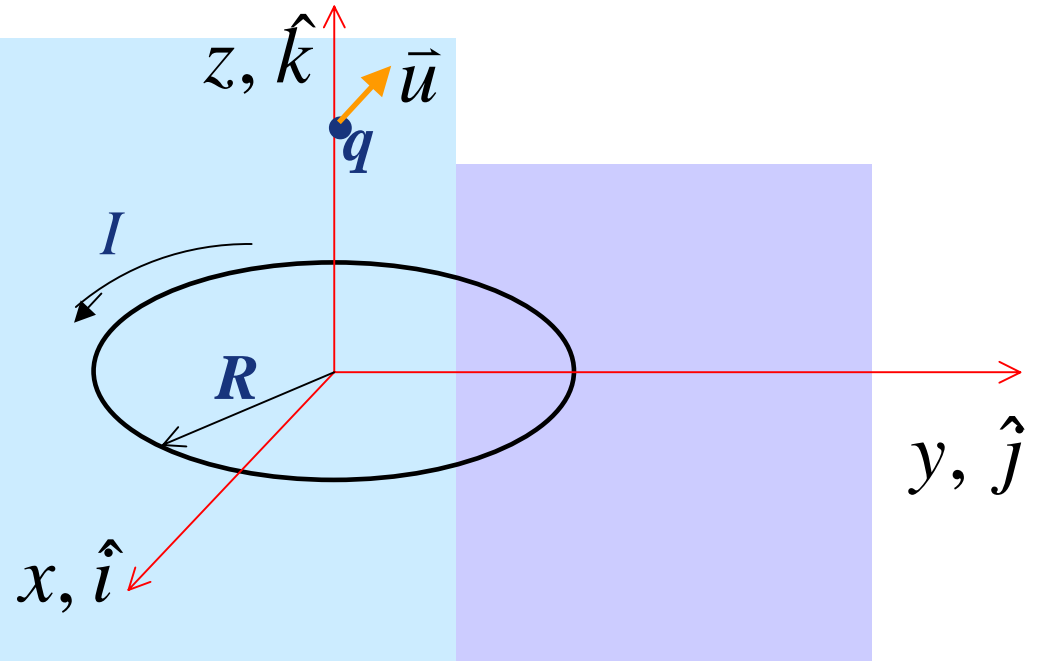
Calcular la fuerza
sobre la carga q en
los casos:

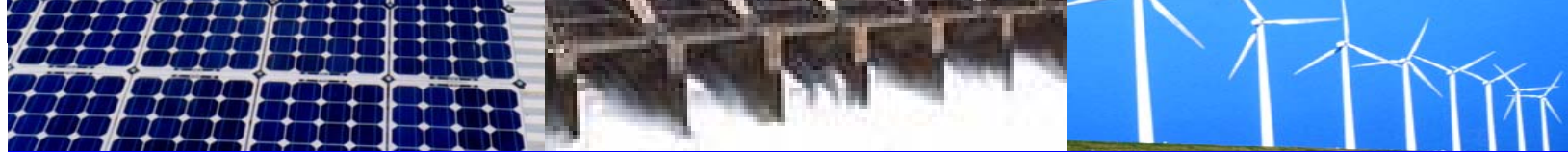
$$\vec{u} = 0$$

$$\vec{u} = v_o \hat{k}$$

$$\vec{u} = v_o \hat{j}$$

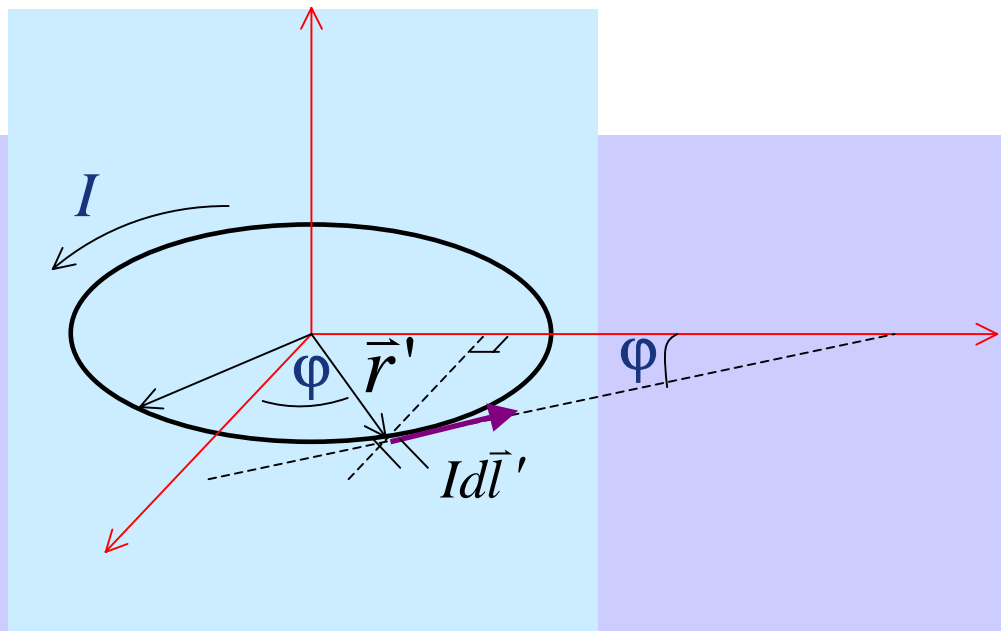
$$\vec{u} = v_o \hat{i}$$





Fuerza sobre una carga

Ejemplo



$$Id\vec{l}' = Idl' \hat{\phi} = Idl' (-\sin\phi \hat{i} + \cos\phi \hat{j})$$



Fuerza sobre una carga

Ejemplo

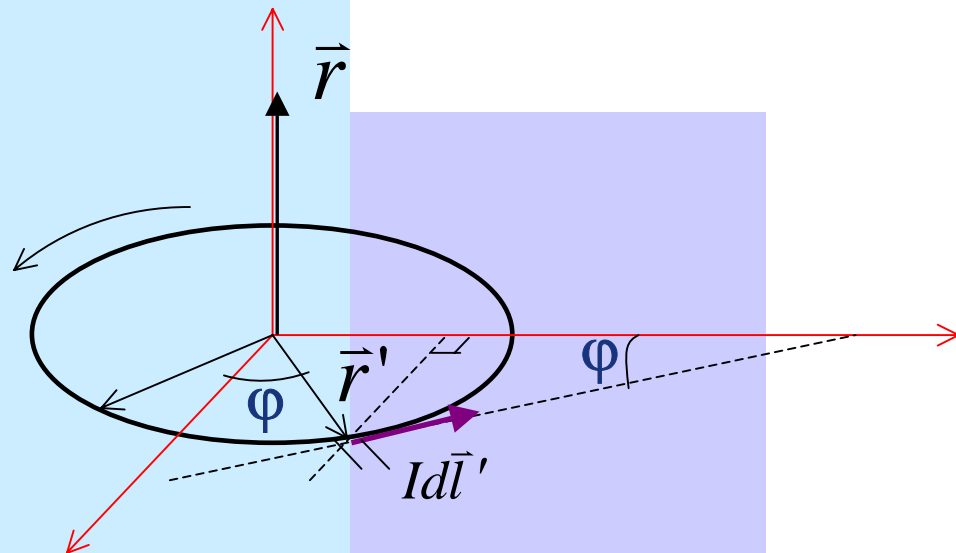
$$\vec{r}' = R\hat{\rho} = R(\cos\varphi\hat{i} + \sin\varphi\hat{j})$$

$$\vec{r} = z\hat{k}$$

$$\vec{r} - \vec{r}' = -R\cos\varphi\hat{i} - R\sin\varphi\hat{j} + z\hat{k}$$

$$\|\vec{r} - \vec{r}'\| = \left[R^2 \cos^2 \varphi + R^2 \sin^2 \varphi + z^2 \right]^{1/2}$$

$$\|\vec{r} - \vec{r}'\| = \left[R^2 + z^2 \right]^{1/2}$$





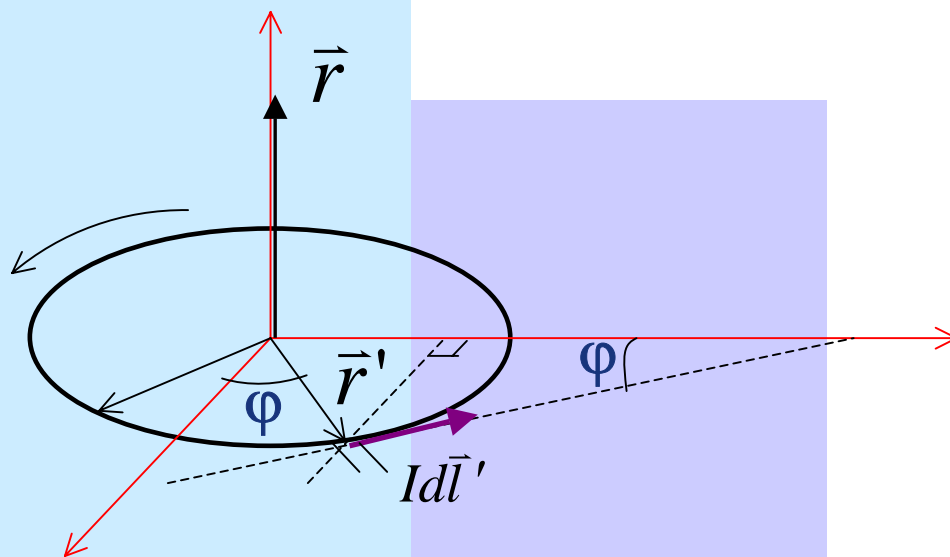
Fuerza sobre una carga

Ejemplo

Circuito

Γ'

$\varphi = [0, 2\pi]$



$$\oint_{\Gamma'} = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{IRd\varphi}{[R^2 + z^2]^{3/2}} (-\sin \varphi \hat{i} + \cos \varphi \hat{j}) \times (-R \cos \varphi \hat{i} - R \sin \varphi \hat{j} + z \hat{k})$$

$$\Rightarrow \oint_{\Gamma'} = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 IRd\varphi}{4\pi [R^2 + z^2]^{3/2}} [R \sin^2 \varphi \hat{k} + z \sin \varphi \hat{j} + R \cos^2 \varphi \hat{k} + z \cos \varphi \hat{i}]$$



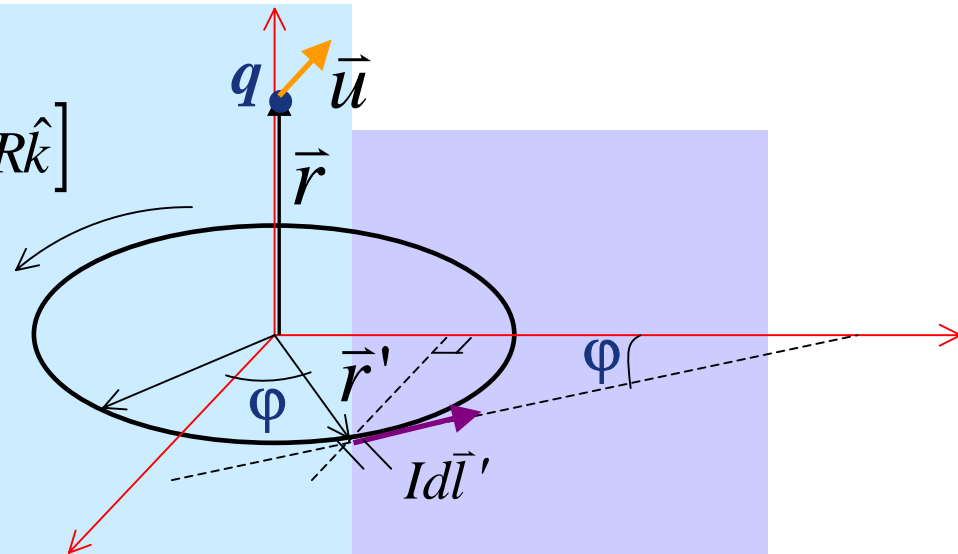
Fuerza sobre una carga

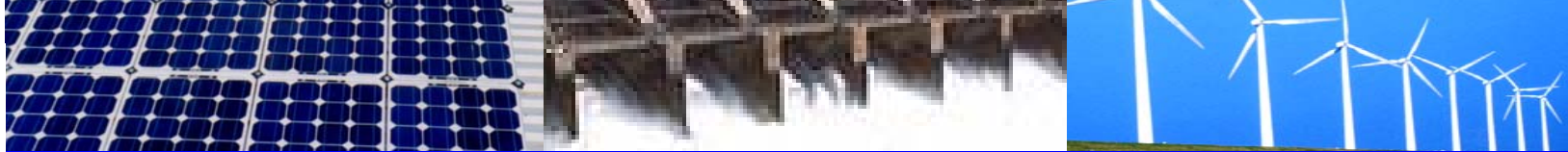
Ejemplo

$$\oint_{\Gamma'} = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 I R d\varphi}{4\pi [R^2 + z^2]^{3/2}} [z \cos\varphi \hat{i} + z \sin\varphi \hat{j} + R \hat{k}]$$

$$\Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 I R^2 2\pi}{4\pi [R^2 + z^2]^{3/2}} \hat{k}$$

$$\vec{F} = q \frac{\mu_0 I R^2}{2 [R^2 + z^2]^{3/2}} \vec{u} \times \hat{k} \quad (6.2)$$

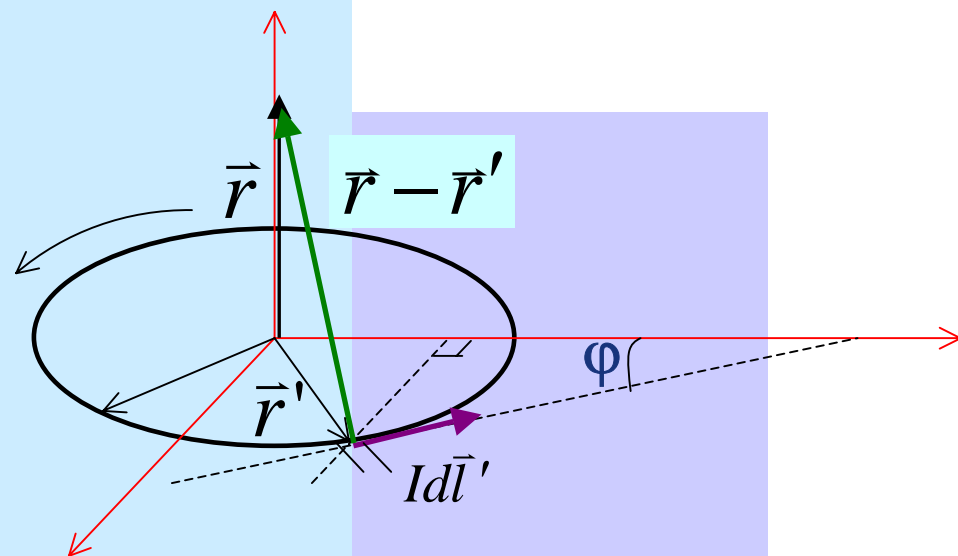




Regla de la mano derecha

$$\vec{B} = \oint_{\Gamma'} \frac{\mu_0 I d\vec{l}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi \|\vec{r} - \vec{r}'\|^3}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi \|\vec{r} - \vec{r}'\|^3}$$

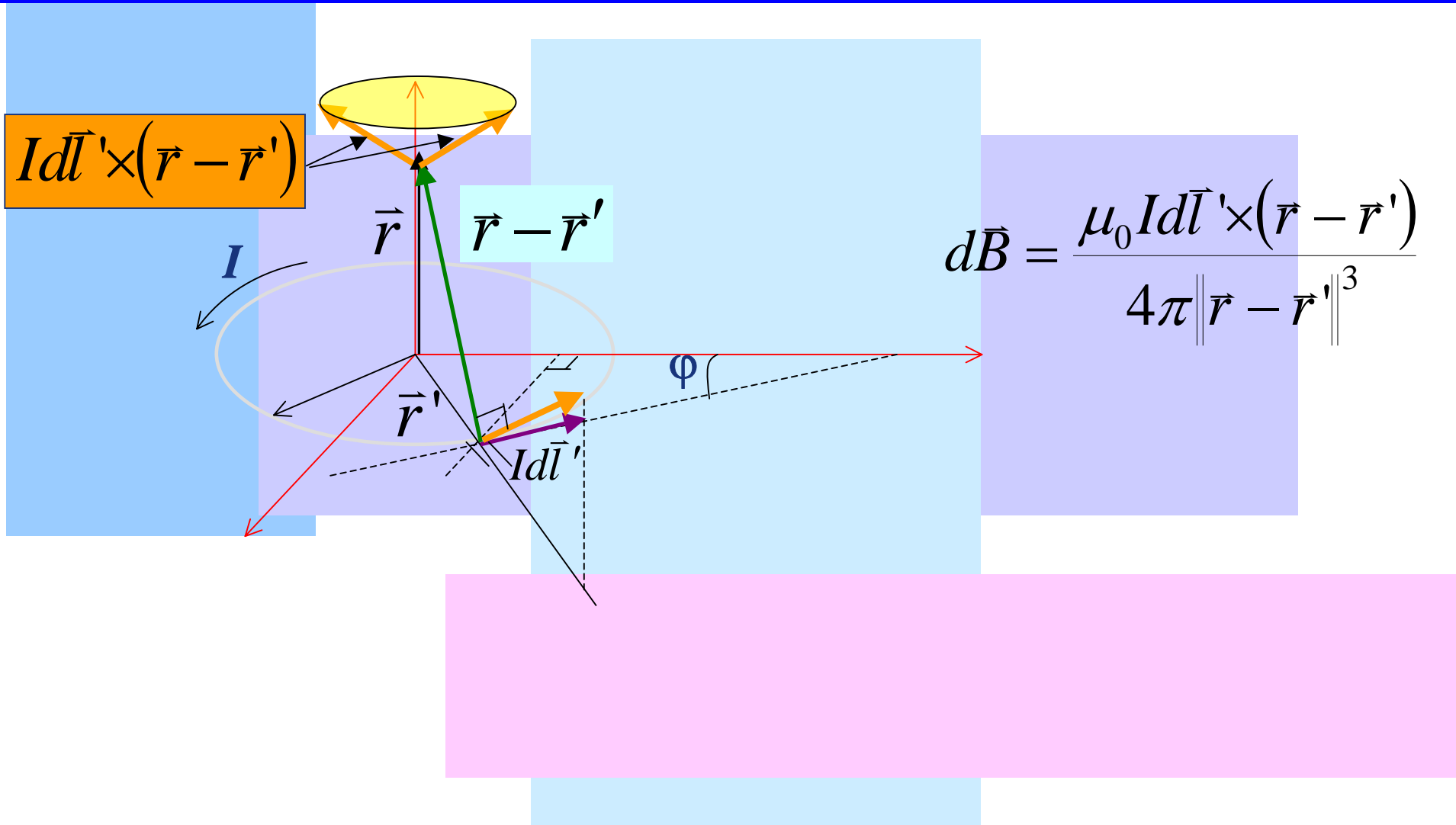


Dirección de campo está dado por el producto

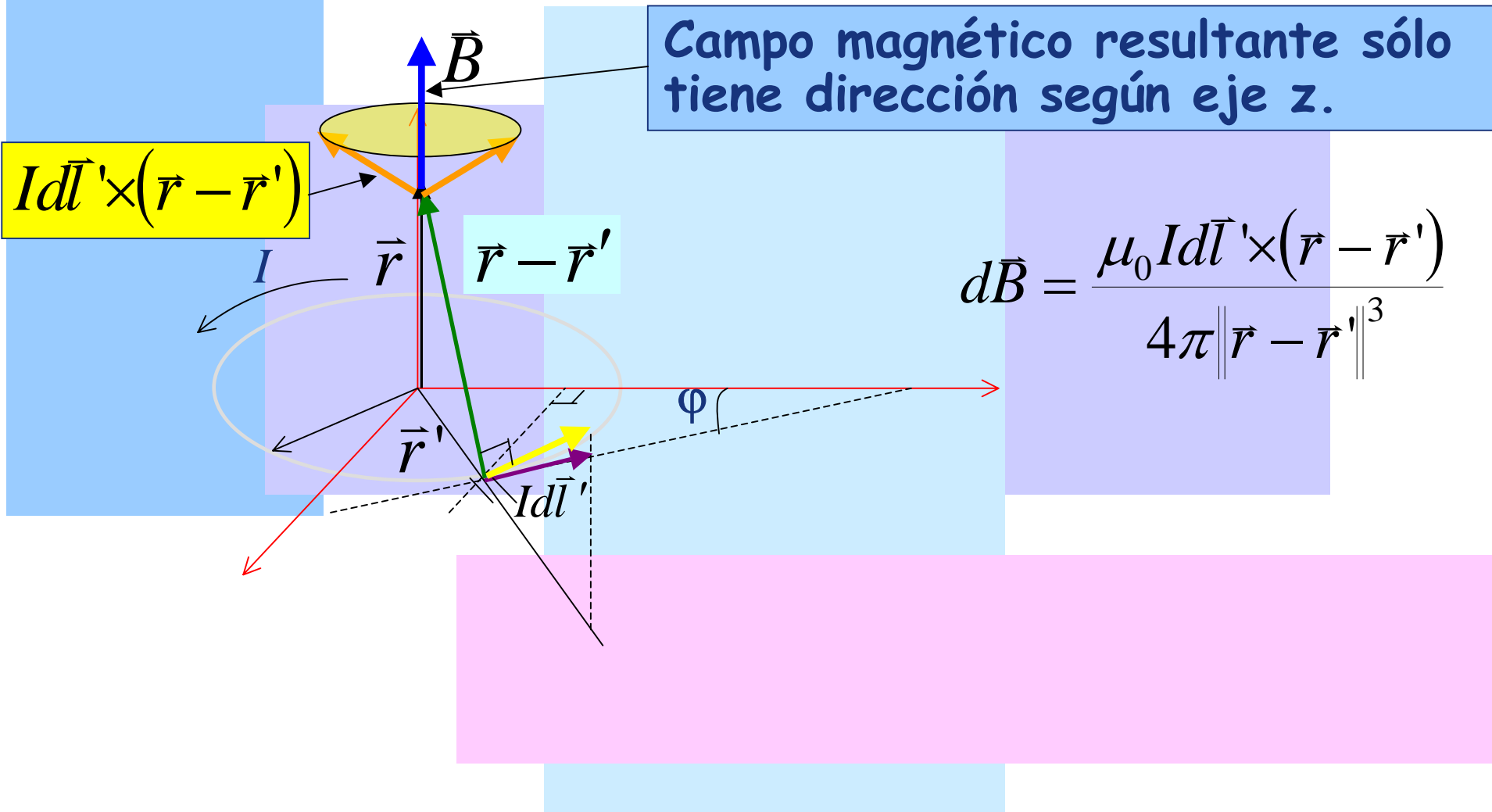
$$Id\vec{l}' \times (\vec{r} - \vec{r}')$$

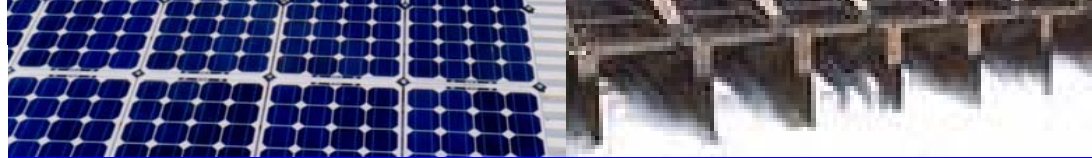


Regla de la mano derecha



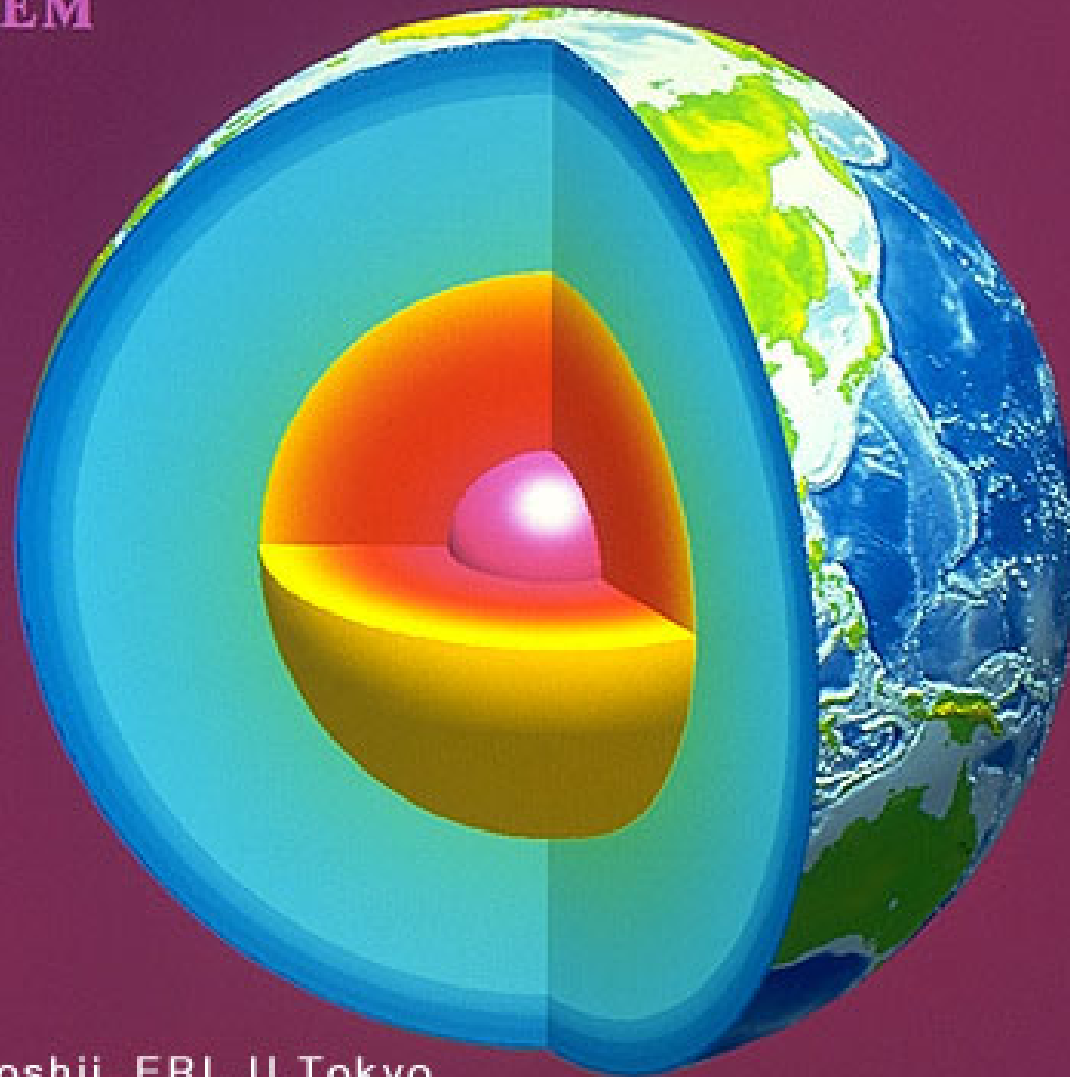
Regla de la mano derecha



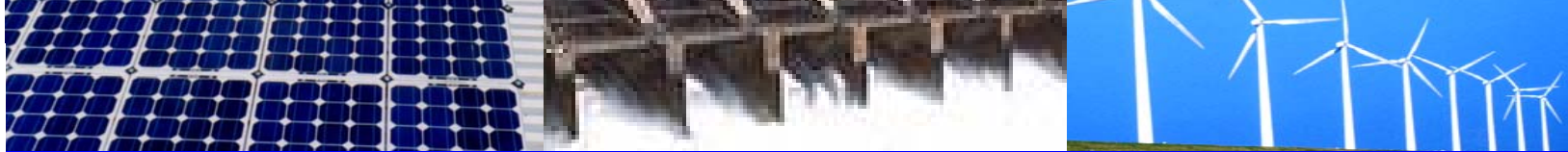


Campo Magnético Terrestre

PREM

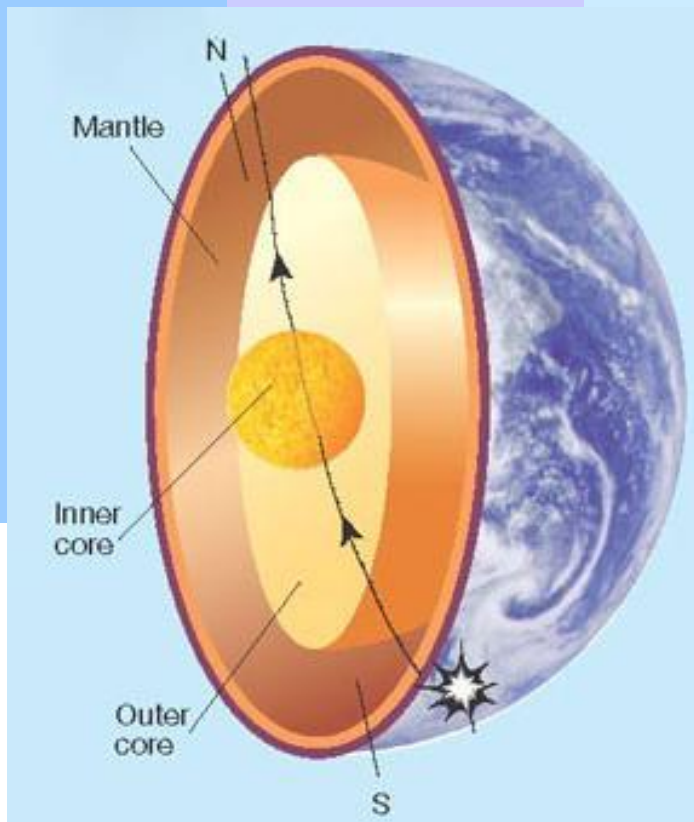


T.Yoshii, ERI, U.Tokyo

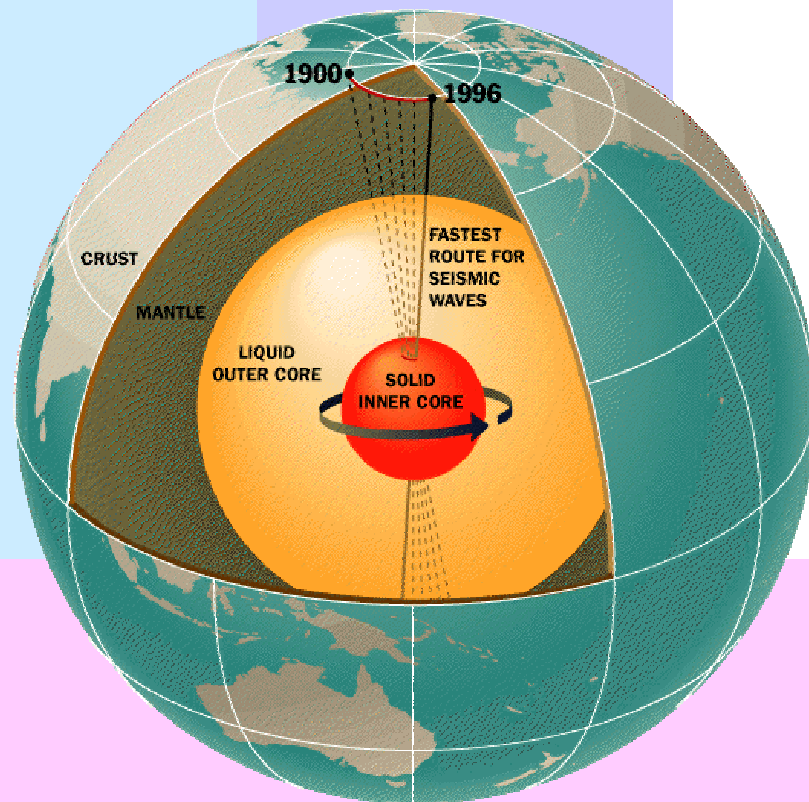


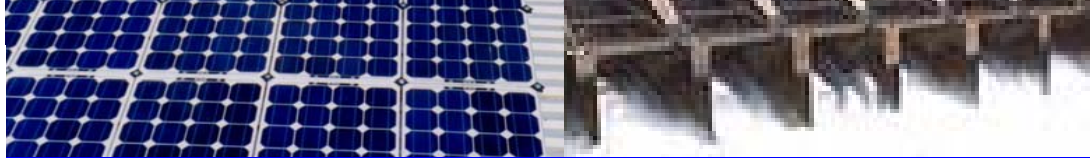
Campo Magnético Terrestre

Estudio del núcleo



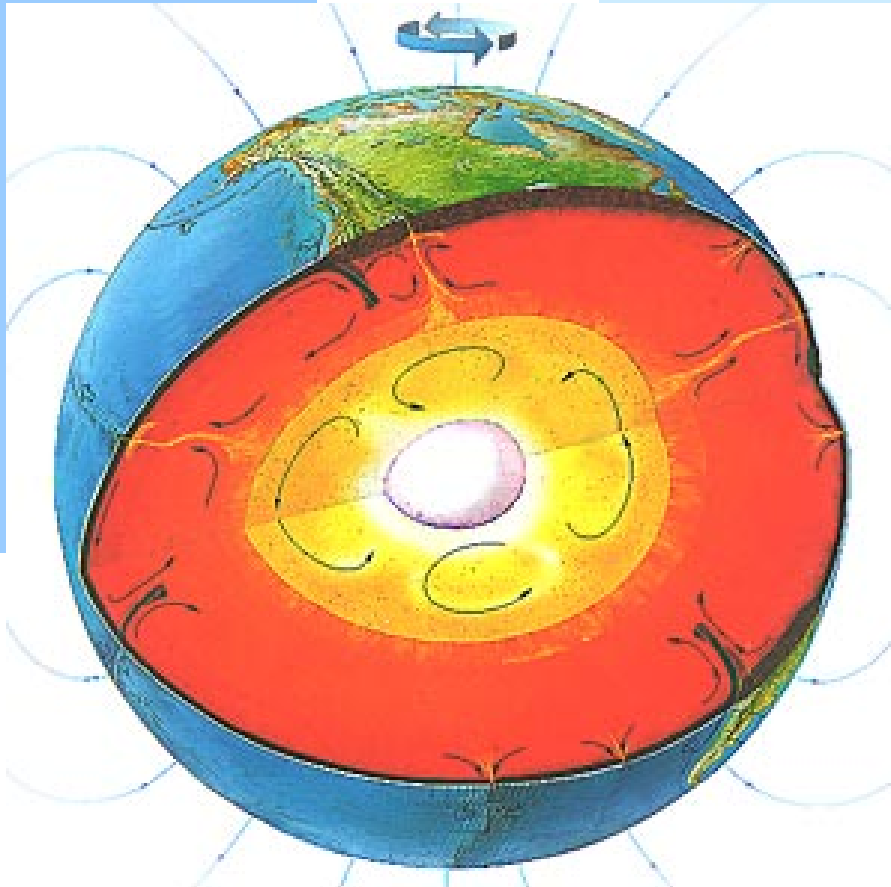
Anisotropía y super-rotación





Campo Magnético Terrestre

Convección



Geodinamo

