



Física II

clase 17 (25/05)

Profesor: M. Antonella Cid
Departamento de Física, Facultad de Ciencias
Universidad del Bío-Bío

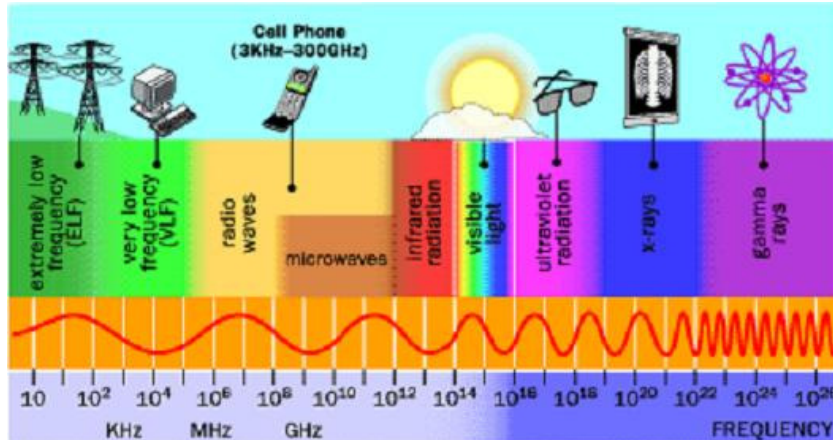
Carrera: Ingeniería Civil Informática



Ondas electromagnéticas

- La **radiación electromagnética** es una superposición de campos eléctricos y magnéticos que se propagan por el espacio transportando energía de un lugar a otro.
- Las **ondas electromagnéticas** son la forma de propagación de la radiación electromagnética
- Las ondas electromagnéticas viajan en el vacío con una rapidez de propagación $c = 3 \cdot 10^8$ [m/s]
- El espectro de ondas electromagnéticas comprende: ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X, rayos γ

Espectro de ondas electromagnéticas



Ondas electromagnéticas

Ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \\ \nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \end{array} \right.$$

Permitividad del vacío
 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} [C^2/Nm^2]$

Permeabilidad del vacío
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [Tms/C]$

$$\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t - \phi)$$

$$\vec{B} = \vec{B}_m \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t - \phi)$$

Fuerza de Lorentz:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

[E] = N/C
 [B] = Ns/Cm = Tesla

Ondas electromagnéticas

$$\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t - \phi)$$

$$\vec{B} = \vec{B}_m \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t - \phi)$$

\vec{E} : vector campo eléctrico
 \vec{B} : vector campo magnético
 \vec{k} : vector de propagación

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda f = \frac{\omega}{|\vec{k}|}$$

Propiedades

$$\vec{k} \perp \vec{E} \perp \vec{B}$$

$$\vec{B} = \frac{\vec{k} \times \vec{E}}{\omega}$$

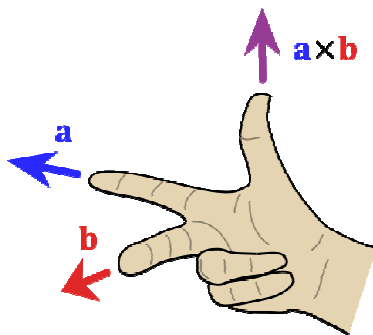
$$|\vec{B}| = \frac{|\vec{E}|}{c}$$

$$|\vec{B}_m| = \frac{|\vec{E}_m|}{c}$$

Producto Cruz (vectorial)

Regla de la mano derecha

Método del determinante



$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = \hat{x}(A_y B_z - A_z B_y) - \hat{y}(A_x B_z - A_z B_x) + \hat{z}(A_x B_y - A_y B_x)$$

Ejemplo

- En una región del espacio libre el campo eléctrico y el campo magnético en un instante determinado de tiempo son:

$$\vec{E} = (80.0\hat{x} + 32.0\hat{y} - 64.0\hat{z}) [N/C]$$

$$\vec{B} = (0.200\hat{x} + 0.080\hat{y} + 0.290\hat{z}) [mT]$$

Demuestre que estos campos son perpendiculares

- Para una OEM, si el valor máximo del campo eléctrico es 0.5 [N/C] en la dirección $-z$ y la OEM se propaga en la dirección $-y$. Escriba la función vectorial que describe el campo magnético si se trata de una OEM de 400 [MHz]



Vector de Poynting

El vector de Poynting es útil para determinar el contenido de energía de una OEM

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

$$S = |\vec{S}| = \frac{1}{\mu_0} EB$$

$$I = \bar{S} = \frac{1}{\mu_0} \frac{E_m B_m}{2} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Intensidad

$$I = \frac{\bar{P}}{A}$$

Potencia promedio

$$\bar{P} = \int_0^T \mathcal{P} dt$$





Ejemplos

- El sol entrega 10^3 [W/m²] de energía a la superficie de la Tierra mediante radiación electromagnética. Calcule la potencia total que incide en un techo de (8×20) [m²].
- Un láser de He-Ne emite luz roja visible con una potencia de 3.6 [mW] en un haz que posee un diámetro de 4.0 [mm] ¿cuál es la amplitud del campo eléctrico?



Ejemplos

- Una fuente de luz monocromática con una potencia de salida de 60 [W] irradia luz uniformemente en todas direcciones con una longitud de onda de 700 [nm]. Calcule E_m y B_m de esta luz a 5 [m] de la fuente.
- Una onda electromagnética sinusoidal emitida por un teléfono celular tiene una longitud de onda de 35.4 [cm] y una amplitud de campo eléctrico de 5.4×10^{-2} [N/C] a una distancia de 250 [m] de la fuente. Calcule la frecuencia de la onda, la amplitud del campo magnético y la intensidad de la onda