Propagación y polarización

manuel fernández guasti

19 de enero de 2007

1. dependencia espacio-temporal sinusoidal

El campo eléctrico para una onda plana es

$$\mathbf{E}(\mathbf{r},t) = \mathbf{E}_0 \exp(i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r} - i\omega t) \tag{1}$$

y el campo magnético

$$\mathbf{B}(\mathbf{r},t) = \mathbf{B}_0 \exp(i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r} - i\omega t) \tag{2}$$

donde $\mathbf{k} = k\hat{k}$, de manera que si se satisface la ecuación de onda

$$k^2\hat{k}\cdot\hat{k} = \mu_r\varepsilon_r\frac{\omega^2}{c^2} = \mu\varepsilon\omega^2.$$

La permitividad y permeabilidad se pueden reescribir en términos relativos a sus valores en el vacío

$$\mu = \mu_0\mu_r, \quad \varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$$

y puesto que $c = 1/\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}$, la velocidad de propagación en el medio es $v = c/\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}$. Se define el índice de refracción como

$$n \equiv \frac{c}{v} = \sqrt{\mu_r\varepsilon_r} \tag{3}$$

y la magnitud del vector de onda es entonces

$$k = n\frac{\omega}{c} \tag{4}$$

1.1. ortogonalidad de E,B y k

Las ecuaciones de la divergencia establecen la ortogonalidad de los campos con la dirección de propagación.

Las ecuaciones de los rotacionales establecen la ortogonalidad entre los campos.

2. Polarización

Bases para describir la polarización

2.1. lineal

Se introducen dos vectores unitarios $\hat{e}_x$,$\hat{e}_y$ en fase de manera que el campo eléctrico se reescribe como

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = (E_x \hat{e}_x + E_y \hat{e}_y) \exp(i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - i\omega t) \tag{5}$$

el ángulo que forma el campo con respecto al eje x es

$$\theta = \arctan\left(\frac{E_y}{E_x}\right)$$

2.2. circular

Se introducen dos vectores unitarios $\hat{e}_x$,$\hat{e}_y$ 90 fuera de fase de manera que el campo eléctrico se reescribe como

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = (E_x \hat{e}_x \pm E_y i \hat{e}_y) \exp(i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - i\omega t) \tag{6}$$

Si $E_x = E_y$, la polarización es circular.

- el signo $+$ se conoce como polarización circular izquierda y corresponde a una rotación contra las manecillas del reloj cuando el observador mira a la onda viajando hacia él.
- el signo - corresponde a circular derecha

La base circular se define en términos de vectores unitarios complejos

$$\hat{e}_\pm = \hat{e}_x \pm i\hat{e}_y$$

2.3. elíptica

Una polarización arbitraria bien definida se describe en base circular por

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = (E_+ \hat{e}_+ + E_- \hat{e}_-) \exp(i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - i\omega t) \tag{7}$$

donde la polarización es elíptica con una razón de

$$\frac{\left|1 + \frac{E_-}{E_+}\right|}{\left|1 - \frac{E_-}{E_+}\right|}$$

y un ángulo respecto a x de $\alpha/2$, donde

$$\frac{E_-}{E_+} = r \exp(i\alpha)$$

Parámetros de Stokes
medición experimental de la polarización.