2.4 Polarização

2.4.1 Ondas Planas Monocromáticas

Até agora consideramos quase sempre o caso em que um dos campos coincide com os eixos x e y, e.g. $\vec{E} = E_x\hat{x}$. Mas $\vec{E}$ se propagando na direção z pode ter componentes gerais no plano xy:

$$\vec{E} = E_x\hat{x} + E_y\hat{y} \tag{2.64}$$

E assim:

$$\vec{B} \;=\; \frac{1}{v}\hat{z} \times \vec{E} \;=\; \frac{1}{v}\hat{z} \times (E_x\hat{x} + E_y\hat{y}) \;=\; \frac{1}{v}(-E_y\hat{x} + E_x\hat{y}) \tag{2.65}$$

Portanto

$$B_x = -\frac{E_y}{v} \qquad \text{e} \qquad B_y = \frac{E_x}{v} \tag{2.66}$$

Para uma onda plana monocromática mais geral, temos:

$$E_x \;=\; a\ e^{i(kz-\omega t)} = vB_y \tag{2.67}$$

$$E_y \;=\; b\ e^{i\delta}e^{i(kz-\omega t)} = -vB_x \tag{2.68}$$

Note que, em princípio, pode haver uma diferença de fase δ entre as componentes x e y dos campos. Tomando a parte real, temos

$$E_x \;=\; a\ \cos\Phi \qquad\qquad \text{onde} \quad \Phi = kz - \omega t \tag{2.69}$$

$$E_y \;=\; b\ \cos(\Phi + \delta) \tag{2.70}$$

Em geral, $\vec{E}$ faz uma curva no plano $z = 0$ à medida que oscila e se propaga. Para encontrar essa curva, vamos definir uma relacao entre E_x e E_y eliminando Φ, i.e. a parte temporal:

$$\frac{E_y}{b} \;=\; \cos(\Phi + \delta) = \cos\Phi\cos\delta - \sin\Phi\sin\delta \tag{2.71}$$

$$\frac{E_x}{a} \;=\; \cos\Phi \quad\rightarrow\quad \sin\Phi = \sqrt{1 - \cos^2\Phi} \;\rightarrow\; \sin\Phi = \sqrt{1 - \left(\frac{E_x}{a}\right)^2} \tag{2.72}$$

Portanto

$$\frac{E_y}{b} - \frac{E_x}{a}\cos\delta = \cos\Phi\cos\delta - \sin\Phi\sin\delta - \cos\Phi\cos\delta = -\sin\delta\sqrt{1 - \left(\frac{E_x}{a}\right)^2} \tag{2.73}$$

Elevando ao quadrado:

$$\left(\frac{E_y}{b}\right)^2 - 2\frac{E_x}{a}\frac{E_y}{b}\cos\delta + \left(\frac{E_x}{a}\right)^2\cos^2\delta = \sin^2\delta\left(1 - \left(\frac{E_x}{a}\right)^2\right) \tag{2.74}$$

que implica

$$\boxed{\left(\frac{E_y}{b}\right)^2 - 2\frac{E_x}{a}\frac{E_y}{b}\cos\delta + \left(\frac{E_x}{a}\right)^2 = \sin^2\delta} \tag{2.75}$$

Esta é a equação geral de uma elipse no plano xy. Portanto a onda monocromática mais geral tem *polarização elíptica* .

2.4.2 Polarização Linear

Para $\delta = 0$ ($\cos\delta = 1, \sin\delta = 0$), i.e. os campos sem defasagem, temos

$$\left(\frac{E_y}{b}\right)^2 - 2\frac{E_x}{a}\frac{E_y}{b} + \left(\frac{E_x}{a}\right)^2 = 0 \to \left(\frac{E_x}{a} - \frac{E_y}{b}\right)^2 = 0 \tag{2.76}$$

Portanto

$$\boxed{\frac{E_y}{E_x} = \frac{b}{a}} \qquad \text{(Polarização Linear)} \tag{2.77}$$

2.4.3 Polarização circular

Para $a = b$ e $\delta = \pi/2$ ($\cos\delta = 0, \sin\delta = 1$), temos

$$\left(\frac{E_y}{a}\right)^2 + \left(\frac{E_x}{a}\right)^2 = 1 \tag{2.78}$$

Portanto

$$\boxed{E_y^2 + E_x^2 = a} \qquad \text{(Polarização Circular)} \tag{2.79}$$

2.4.4 Polarização elíptica

Para $a \neq b$ e $\delta = \pi/2$, os eixos da elipse concidem com os eixos x e y:

$$\left(\frac{E_y}{b}\right)^2 + \left(\frac{E_x}{a}\right)^2 = 1 \qquad \text{(Polarização Elíptica)} \tag{2.80}$$

2.4.5 Luz não-polarizada

Em geral, a luz resulta de um processo de emissão. Normalmente, esse processo é aleatorio no espaço e no tempo, e dá origem a uma onda em que as componentes dos campos não tem uma polarização definida. Neste caso dizemos que a luz é não-polarizada.

Como Polarizar?

Se temos luz não-polarizada, como podemos obter luz com uma certa polarização?

1) Reflexão: Lembre que para $\theta_i = \theta_B$, temos $r_\parallel = 0$. Neste caso, a luz refletida tem componente apenas na direção $\perp$ ao plano de incidência: polarização linear.

2) Polarizador: Algumas substâncias têm moléculas alinhadas que absorvem a luz em uma direção, permitindo passagem na direção $\perp$.