POLARIZACIÓN

La polarización es una propiedad inherente a las ondas transversales.

La luz natural está constituida por un conjunto de ondas EM que se propagan en una dirección con sus vectores eléctricos orientados al azar, de modo que las direcciones de vibración son todas igualmente probables indep. del tiempo.

Si de esas ondas seleccionamos procedimientos para obtener las que tengan sus vectores eléctricos // entre sí y a una dirección dada, tendremos un haz de luz LINEALMENTE POLARIZADA.

Si el extremo del vector $\vec{E}$ describe con el tiempo una recta en un plano normal a la dirección de propagación, tendremos luz LINEALMENTE POLARIZADA.

Si describe una elipse tendremos POLARIZACION ELÍPTICA.

" " " circunf. " POLARIZACION CIRCULAR.

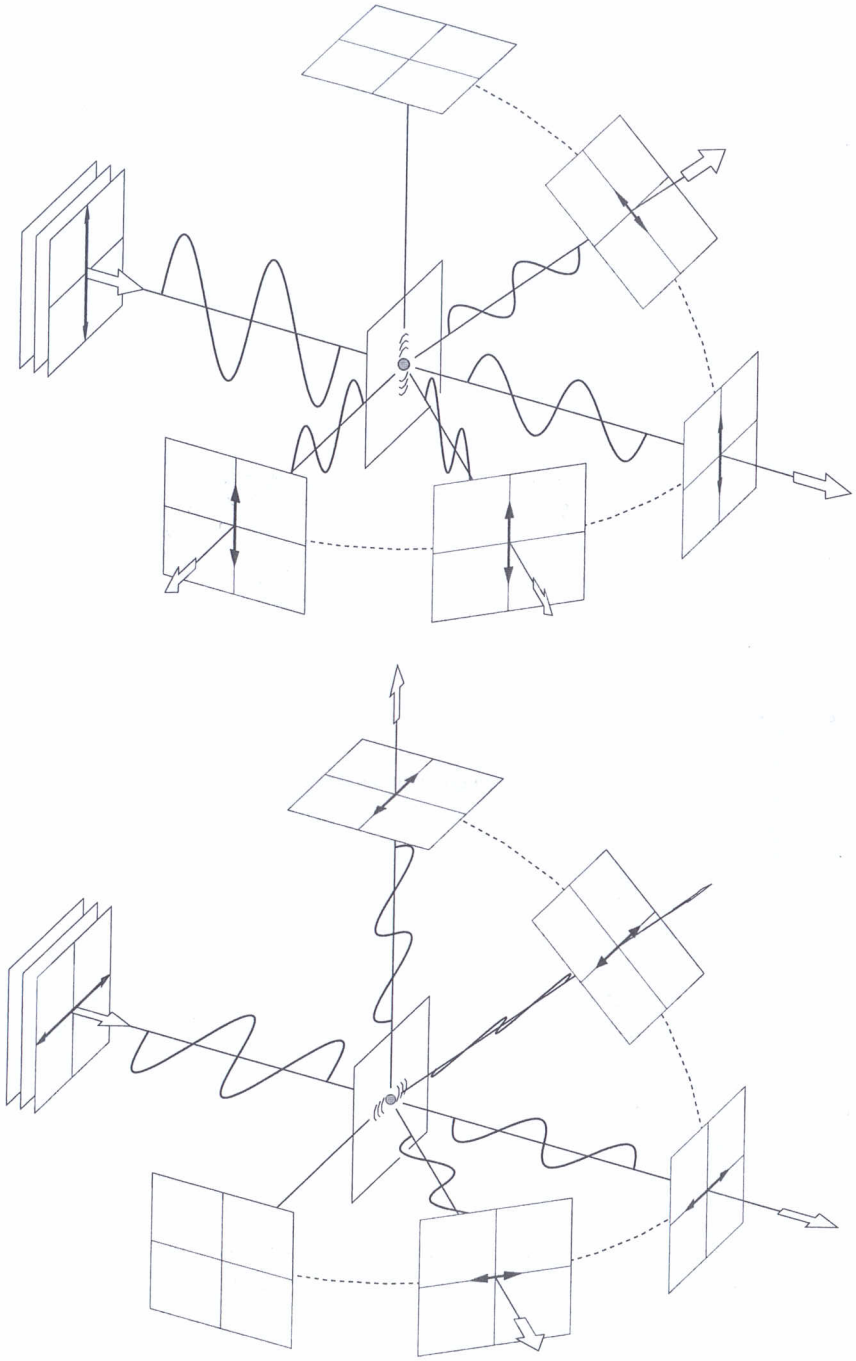


Figura 5-4 Dependencia de la polarización de la luz esparcida con la dirección de observación. La luz incidente está polarizada linealmente.

E de las estaciones de radio AM
↓
Polarizado Verticalmente
↓
Antenas verticales.

radio FM
↓
Polariz. Circular
↓
¿Antenas?

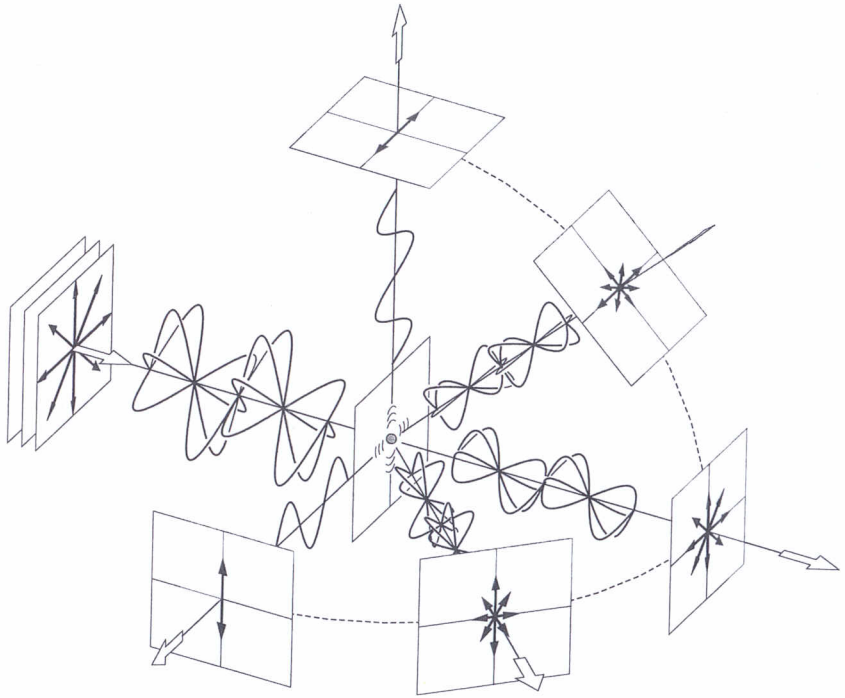
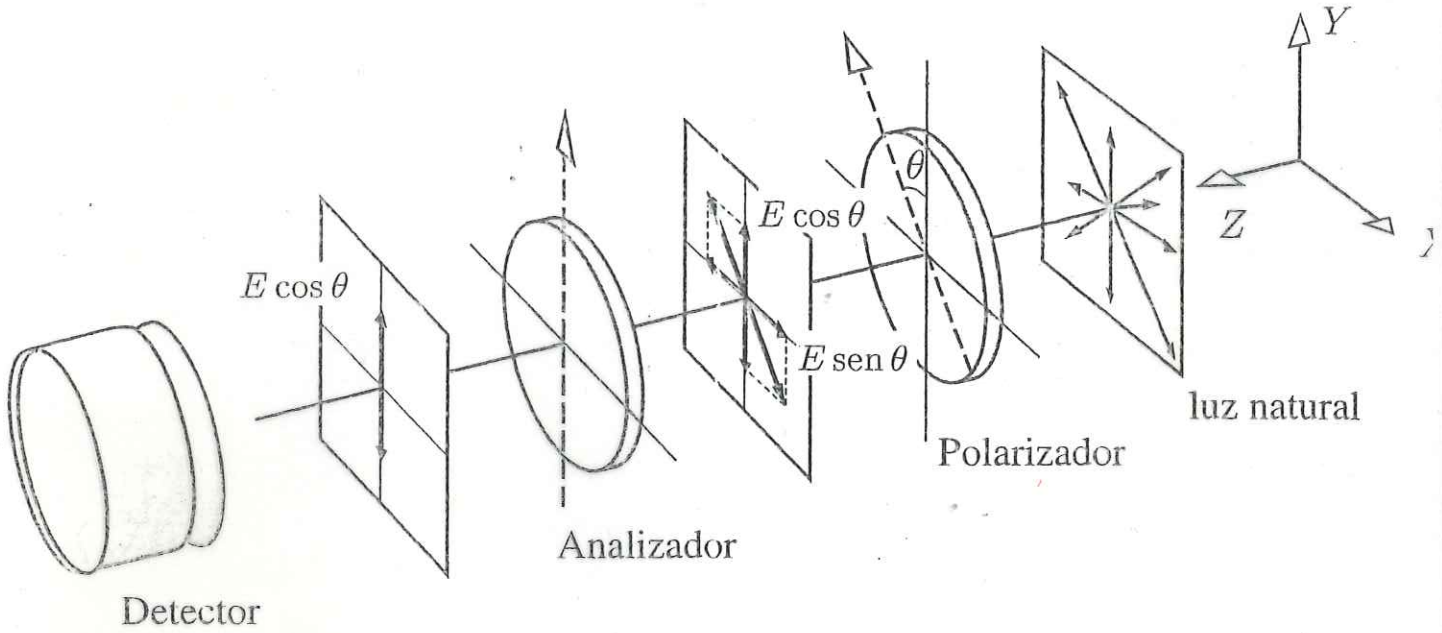


Figura 5-5 Polarización de la luz esparcida en distintas direcciones. La luz incidente es natural.

E de la señal de Televisión
↓
Polarización horizontal
↓
Antenas en posición horizontal.



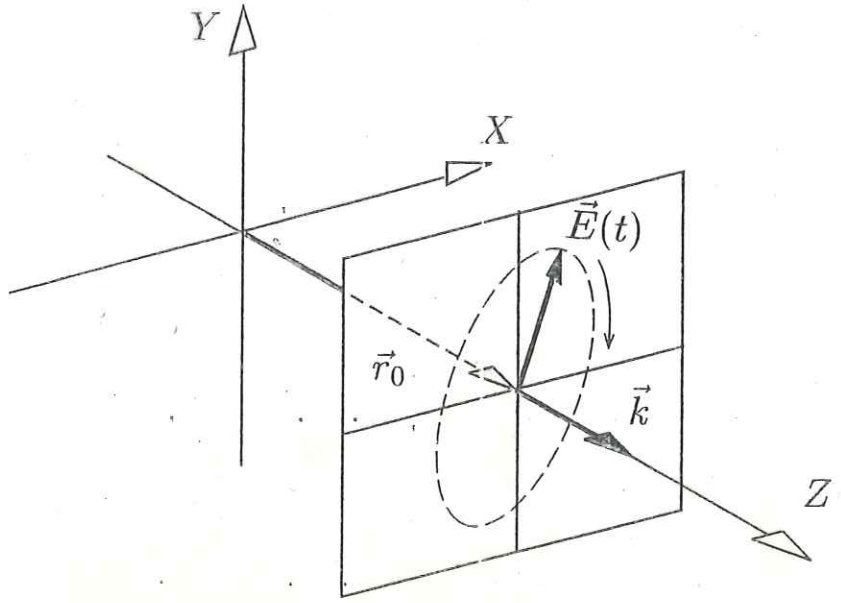


Figura 3-4 Sistema de ejes elegido para representar el estado de polarización de una onda monocromática y plana en un punto fijo del espacio $\vec{r}_0$ con polarización dextrógira.

Polarización

En la práctica, la polarización se emplea para reutilizar el espectro electromagnético; para evitar que señales de la misma frecuencia interfieran, se utilizan distintas polarizaciones.

Lineal

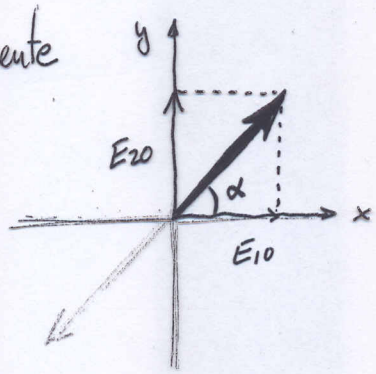
$$E(z,t) = \vec{a}_x E_{10} \cos(\omega t - kz) + \vec{a}_y E_{20} \cos(\omega t - kz)$$

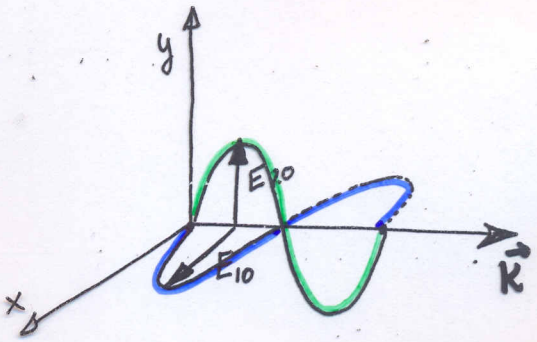
Si fijo $z=0$

$$E(0,t) = \bar{a}_x E_{10} \cos \omega t + \bar{a}_y E_{20} \cos \omega t$$

Onda polarizada linealmente con un ángulo

$$tg\,\alpha = \frac{E_{20}}{E_{10}}$$





Elíptica

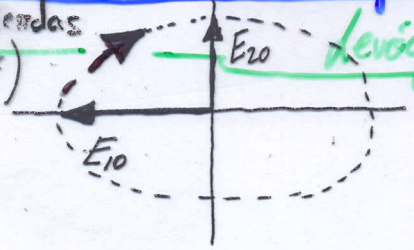
$$E(z,t) = \vec{a}_x E_{10} \cos(\omega t - kz) + \vec{a}_y E_{20} \operatorname{sen}(\omega t - kz)$$

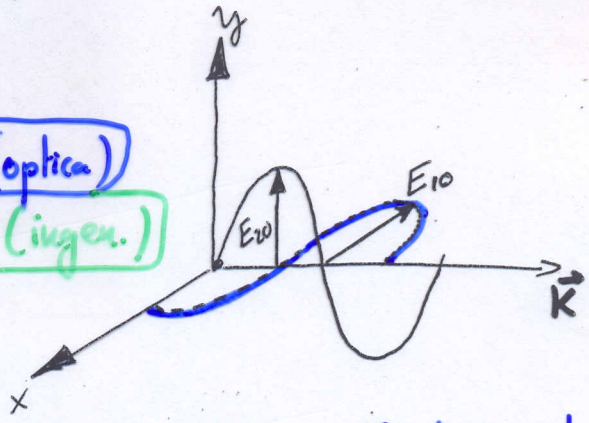
Si fijo $z=0$

$$E(0,t) = \vec{a}_x \underline{\underline{E_{10}}} \cos(\omega t) + \vec{a}_y \underline{\underline{E_{20}}} \operatorname{sen} \omega t$$

Pol. a derechas Polariz. ⊕ | Dextrógira (optica)

Pol. ⊖ A izquierdas (~~Viendo venir la onda~~) | Levógira (ingen.)





OPTICA: Viendo venir la onda

INGEN.: Viendo IRSE la onda

Si	$E_{10} = E_{20}$	Circular.
	$E_{10} \neq E_{20}$	Elíptica.

Tambien es Polariz. Elíptica

Desfase $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

$$E(r,t) = \underbrace{E_{10}}_{} \cos(\omega t - \bar{k}\bar{r} + \varphi_1)\,\vec{e}_1 + \underbrace{E_{20}}_{} \cos(\omega t - \bar{k}\bar{r} + \varphi_2)\,\vec{e}_2$$

$$p = \frac{E_{20}}{E_{10}}$$

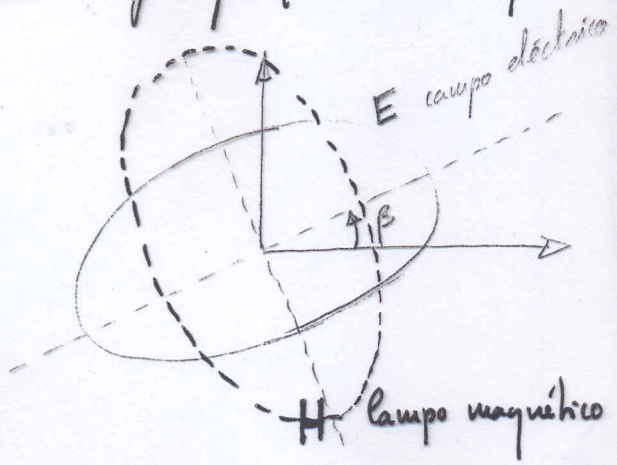
El fasor se puede escribir

$$E(r) = \left(E_{10}\, e^{i\varphi_1}\vec{e}_1 + E_{20}\, e^{i\varphi_2}\vec{e}_2\right)\cdot e^{-i\vec{k}\vec{r}}$$

Características de la Polariz. Elíptica

Orientación

Es el ángulo que forma el semieje mayor con la dirección de referencia.



$$\beta = \frac{1}{2}\,\mathrm{arctg}\,\frac{2E_{10}E_{20}\cos(\varphi_2-\varphi_1)}{E_{10}^2 - E_{20}^2}$$

Relación Axial

Relación entre el eje mayor y el eje menor.

$$R = \frac{|E|_{max}}{|E|_{min}} = \frac{|H|_{max}}{|H|_{min}} = \left[\frac{1+\sqrt{1-4\left(\frac{\operatorname{sen}\Delta\varphi}{1/p + p}\right)^2}}{1-\sqrt{1-4\left(\frac{\operatorname{sen}\Delta\varphi}{1/p + p}\right)^2}}\right]^{1/2}$$

Es común expresarlo: $R_{dB} = 20\log R$

Más sobre POLARIZACION

$$E(r,t) = \mathrm{Re}\left[(E_r + i E_i)\cdot e^{i\omega t - \beta\xi}\right] =$$

$$= e^{-\alpha\xi}\left[E_r \cos(\omega t - \beta\xi) - E_i \operatorname{sen}(\omega t - \beta\xi)\right]$$

Expresión del valor instantáneo del campo eléctrico de una onda monocromática que se propaga en la dirección $\vec{n} = \vec{\xi}$

Polarización $\boxed{\text{Elíptica}}$ $E_r \not\perp E_i$ y $|E_r| \neq |E_i|$

$\boxed{\text{Circular}}$ $E_r \perp E_i$ y $|E_r| = |E_i|$

$\boxed{\text{Lineal}}$ $E_r = 0$ ó $E_i = 0$ ó $\vec{E}_r \parallel \vec{E}_i$

$\boxed{\text{Dextrógira,}}$ a derechas o $\oplus$ $\rightsquigarrow$ $(E_r \wedge E_i)\cdot\vec{n} < 0$

$\boxed{\text{Levógira,}}$ a izquierdas o $\ominus$ $\rightsquigarrow$ $(E_r \wedge E_i)\cdot\vec{n} > 0$

Ej. Dado $\vec{E} = \left[\vec{a}_x(\sqrt{3}+i) + 2i\,\vec{a}_y\right]\cdot e^{-i\frac{20\pi}{3}z}$ (V/m)

Dirección de propagación: $\vec{n} = \vec{z}$

Tipo de polarización: $E_r + iE_i = \sqrt{3}\,\vec{a}_x + i(\vec{a}_x + 2\vec{a}_y)$

$$\left.\begin{array}{l} |E_r| = \sqrt{3} \\ |E_i| = \sqrt{5} \end{array}\right\} \sqrt{3} \neq \sqrt{5} \quad \text{Pol. Elíptica.}$$

$$(E_r \wedge E_i)\cdot\vec{z} = 2\sqrt{3}\,\vec{z}\cdot\vec{z} = 2\sqrt{3} > 0 \quad \underline{\text{levógira}}$$

Notación Fasorial

levogira

$$\vec{E}(z) = \vec{a}_x \; E_{10} \; e^{-jkz} \pm \vec{a}_y \vec{j} E_{20} \; e^{-jkz}$$

dextrogira

Para que al multiplicar la parte imaginaria de e^{-jkz} me quede solo el sen

$\boxed{\text{Onda polarizada elípticamente.}}$

$$\vec{E}(z) = \vec{a}_x \; \underline{\underline{E_{10}}} \; e^{-jkz} + \vec{a}_y \vec{j} \underline{\underline{E_{10}}} \; e^{-jkz}$$

$\boxed{\text{Onda polarizada circularmente}}$

Parte imaginaria en Ec Polariz. Circular o Elíptica.

$$\vec{E}(z) = \vec{a}_x \; E_{10} \; e^{-jkz}$$

$\boxed{\text{Onda polarizada linealmente}}$

Flujo de Potencia Electromagnética. Vector de Poynting.

$\vec{E} = a_x E_0 e^{i\omega t}$

$\vec{E}^* = a_x E_0 e^{-i\omega t}$

$$\vec{S} = \vec{E} \wedge \vec{H} \qquad (W/m^2)$$

Flujo de Potencia por unidad de área.

en notación compleja $S = \frac{1}{2} E \wedge H^*$

$$W_e = \frac{1}{2} \varepsilon E^2 = \frac{1}{2} \varepsilon \vec{E} \cdot \vec{E}^*$$

densidad de energía electrica.

$$W_m = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{1}{2} \mu \vec{H} \cdot \vec{H}^*$$

densidad de energía magnética.

Densidad de Potencia Media en una onda que se propaga:

$$\boxed{\vec{S}_{av} = \frac{1}{2} Re\left(\vec{E} \wedge \vec{H}^*\right)} \qquad W/m^2$$

Si la onda se propaga en z $\rightarrow$ $\boxed{\vec{S}_{av} = \vec{a}_z \frac{E_0^2}{2\eta}}$

$E(z) = \vec{a}_x E_0 \cdot e^{-(\alpha + i\beta)z}$

Ej. Onda polarizada elipticamente viaja en la dirección z positiva, en el aire ($\eta = 377\,\Omega$)

$$E_x = 3 \operatorname{sen}(\omega t - \beta x) \qquad V/m$$

$$E_y = 6 \operatorname{sen}(\omega t - \beta x - 75°) \qquad V/m$$

La potencia promedio por unidad de área transmitida, es:

$$S_{av} = \frac{1}{2} \frac{E^2}{\eta} = \frac{1}{2} \frac{3^2 + 6^2}{377} \approx 60\, mW/m^2$$