

1.5.1: Vector de Poynting

Es otra característica de la onda ligada a su amplitud, \mathbf{E}_0 . La ecuación de Lorentz para la fuerza da idea de que una onda transporta energía en su propagación. Es necesario cuantificar la energía que una onda transporta. Para ello se define el vector de Poynting:

$$\mathbf{S} \equiv \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \wedge \mathbf{B} \quad (1.5.1.1)$$

$$[\mathbf{S}] = \frac{E}{T \times A} = \left\{ \frac{W}{m^2} \right\} \quad (1.5.1.2)$$

Describe un flujo de energía (energía por unidad de tiempo y superficie), y coincide con la magnitud irradiancia de la óptica geométrica. En los cálculos con esta magnitud nos está prohibido usar la representación compleja, porque hay un producto, que es una operación no lineal (la parte real del producto no es el producto de las partes reales). Un vector de Poynting imaginario es una señal de que hemos cometido este error. En adelante, el subíndice R subrayará el uso de la representación real.

Ejemplo Vector de Poynting para una onda armónica plana

$$\begin{aligned} \mathbf{S} &= \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E}_R \wedge \left(\frac{1}{\omega} \mathbf{k} \wedge \mathbf{E}_R \right) \\ &= \frac{1}{\mu_0} \left[\frac{\mathbf{k}}{\omega} \mathbf{E}_R^2 - \frac{1}{\omega} \mathbf{E}_R (\mathbf{k} \cdot \mathbf{E}_R) \right] \end{aligned}$$

con lo que

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0 \omega} \mathbf{E}_R^2 \mathbf{k} = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \mathbf{E}_R^2 \mathbf{u}_k$$

El vector de Poynting va en la dirección del vector de ondas. Por lo tanto, para una onda armónica plana, fase y energía se propagan en la dirección del vector de ondas. La energía es proporcional al cuadrado del campo eléctrico: una estimación del cuadrado del campo nos aporta una estimación de la energía.

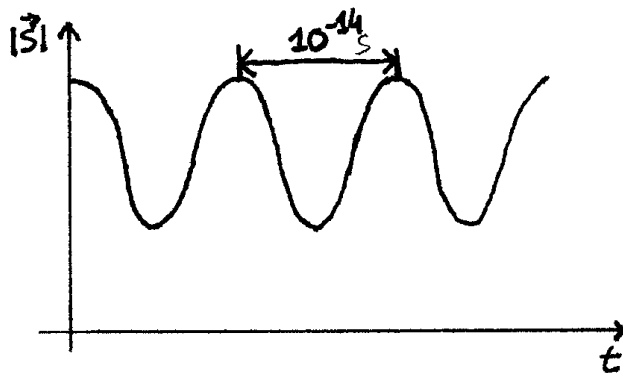


Figura 1.5.1.1: $|\langle \mathbf{S} \rangle|(t)$, función a oscilaciones muy rápidas.

1.5.1: Vector de Poynting is shared under a [CC BY-SA 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license and was authored, remixed, and/or curated by Alvaro Tejero Cantero.