



Física III (sección 1) (230006-230010) Ondas, Óptica y Física Moderna

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

Carreras: Ingeniería Civil Civil, Ingeniería Civil
Mecánica, Ingeniería Civil Industrial

Ondas electromagnéticas en el vacío

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

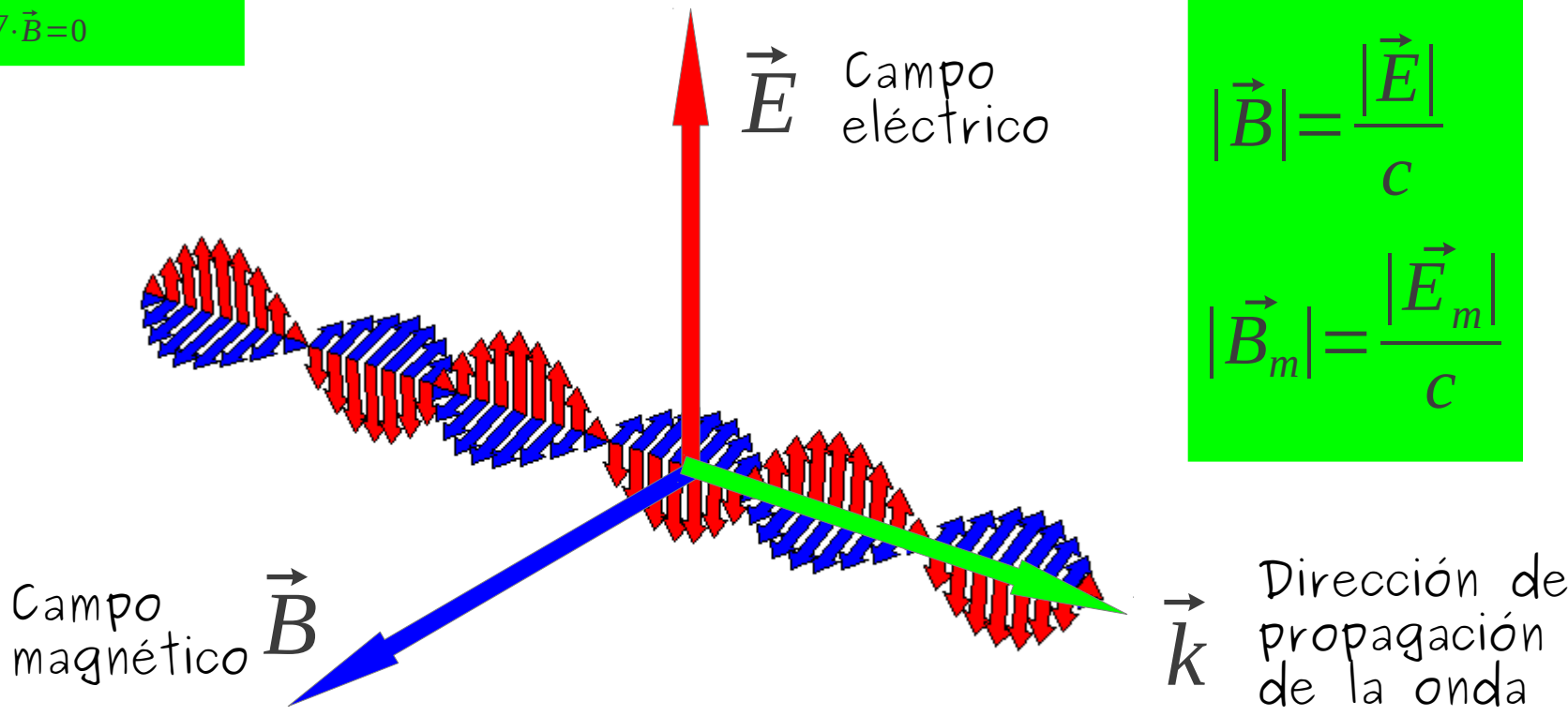
$$\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} \pm \omega t \pm \phi)$$

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

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

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

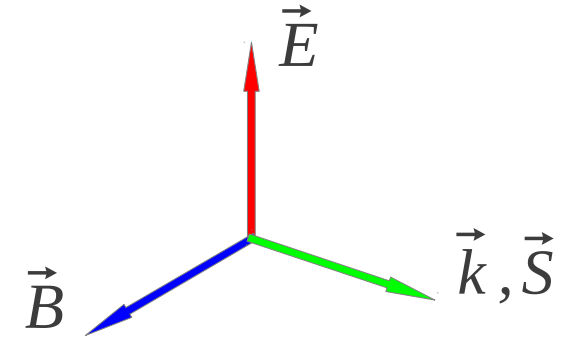
$$|\vec{B}_m| = \frac{|\vec{E}_m|}{c}$$



Energía que transporta una OEM

Vector de Poynting

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



$$I = \bar{S} = \int_0^T |\vec{S}| dt = \frac{E_m B_m}{2\mu_0} = \frac{c B_m^2}{2\mu_0} = \frac{\epsilon_0 c E_m^2}{2} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Densidad de energía OEM

$$u = 2u_E = 2u_B$$



$$I = c\bar{u}$$

Intensidad proporcional a la densidad promedio de energía

Presión de radiación

• Si la superficie **absorbe** toda la energía incidente U (**incidencia normal**), el momentum total transportado a la superficie es:

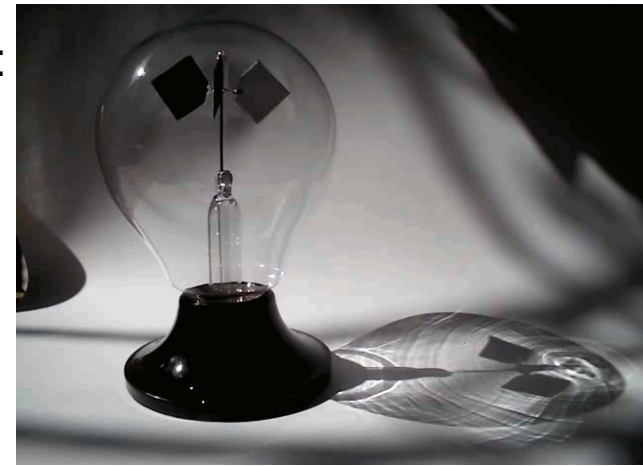
$$|\vec{p}| = \frac{U}{c}$$

• Si la superficie **refleja** toda la energía incidente U (**incidencia normal**), el momentum total transportado a la superficie es:

$$|\vec{p}| = 2 \frac{U}{c}$$

• La presión de radiación para **absorción** perfecta es:

$$p = \frac{|\vec{F}|}{A} = \frac{1}{A} \frac{d|\vec{p}|}{dt} = \frac{1}{cA} \frac{dU}{dt} = \frac{\bar{P}}{cA} = \frac{I}{c} = \frac{\bar{S}}{c}$$



Radiómetro de Crookes

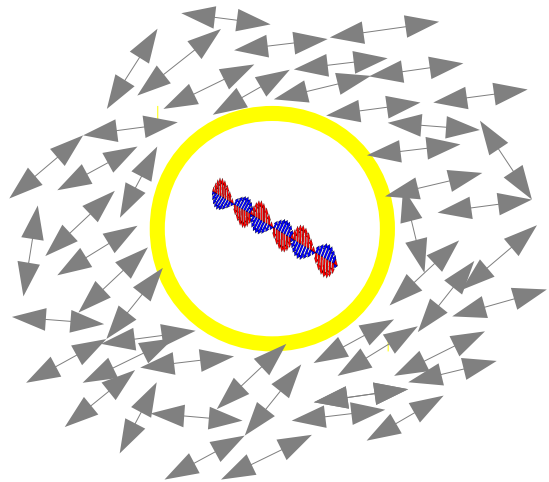


Ejercicios

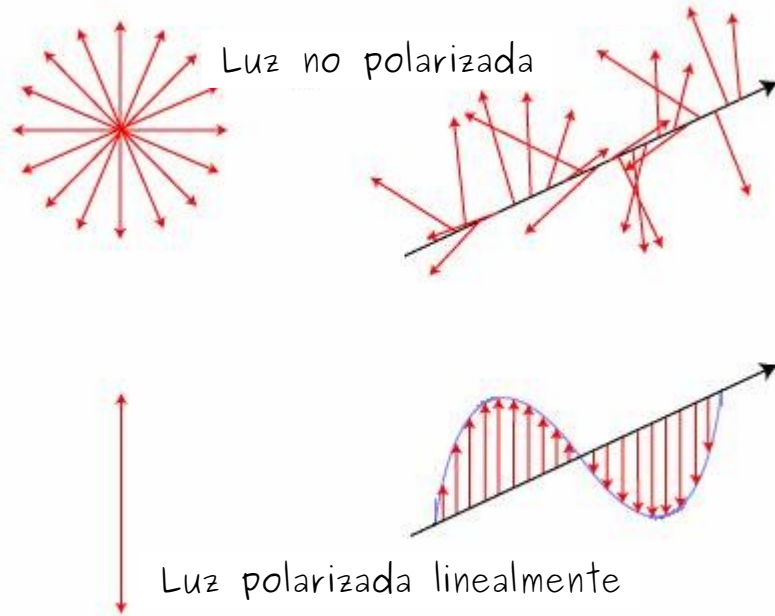
- Un puntero láser de 3 [mW] de potencia crea una mancha de 2 [mm] de diámetro en la pantalla. Determine la presión de radiación en la pantalla si ésta refleja el 70% de la luz incidente
- Un astronauta de 110 kg se queda varado a 10 m de su nave. El astronauta cuenta con una fuente de 100 W que forma un rayo dirigido y piensa usarla como propulsor ¿Cuánto tiempo le toma regresar a la nave con este mecanismo?
- Si en lugar de esto el astronauta decide lanzar la fuente de luz de 3 kg en la dirección opuesta a la nave ¿Cuánto tardará en llegar a la nave si la lámpara se mueve a 12 m/s en relación al astronauta?

Polarización

¿En cuántas orientaciones puede vibrar una OEM?



Luz no polarizada
proveniente del sol



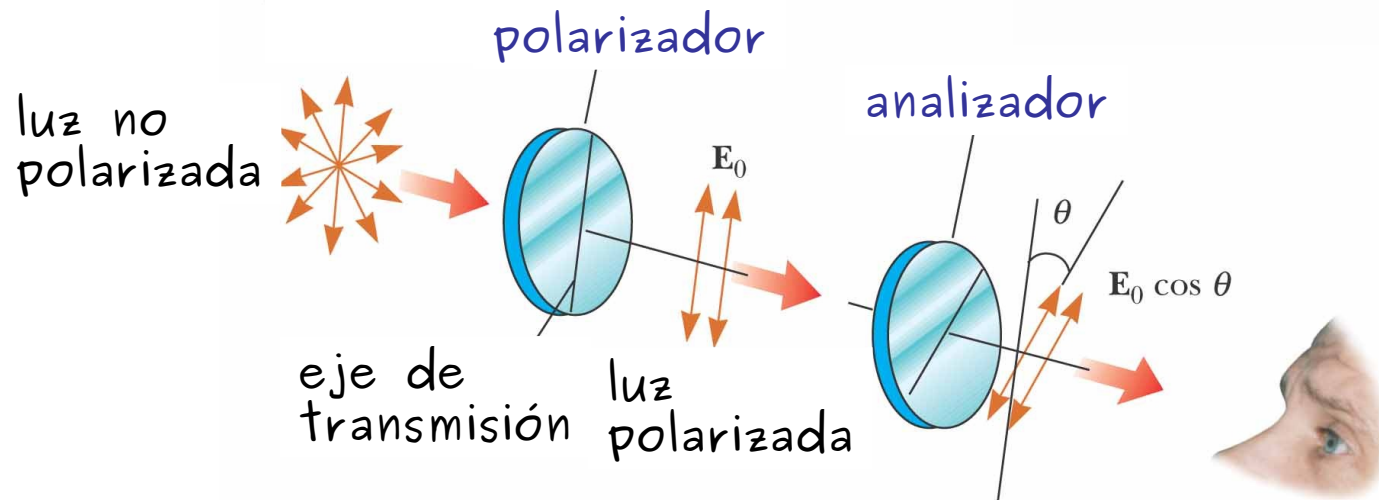
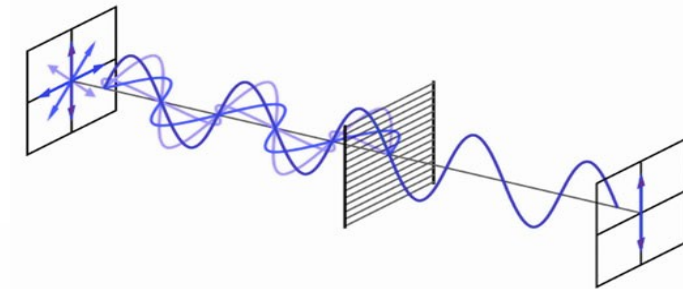
Por convención la dirección de polarización corresponde a la dirección en la que oscila el campo eléctrico

Polarización por absorción selectiva



Ley de Malus (1809)

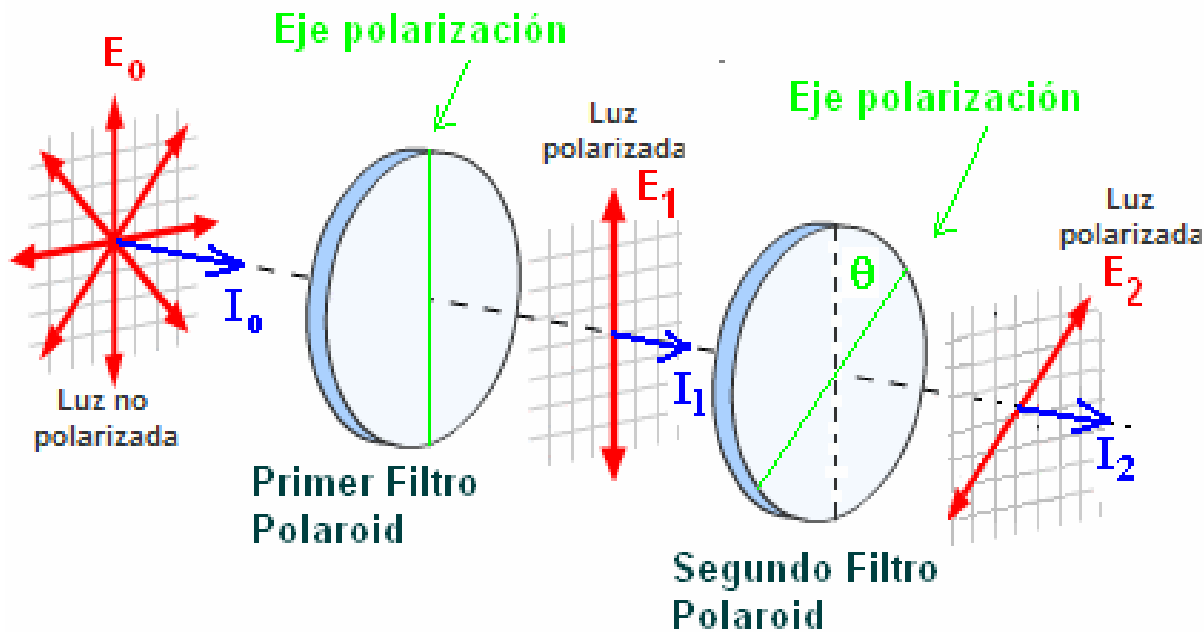
$$I = I_m \cos^2 \theta$$



©2004 Thomson - Brooks/Cole

Polarización por absorción selectiva

Muestre que la intensidad I_1 es la mitad de I_0 y determine I_2 en función de I_0 cuando el ángulo θ es 30°



Dos láminas polarizadoras tienen sus direcciones de polarización paralelas de tal modo que la intensidad de la luz transmitida sea máxima ¿A qué ángulo debe girarse cualquiera de las láminas si se quiere que la intensidad disminuya a la mitad?

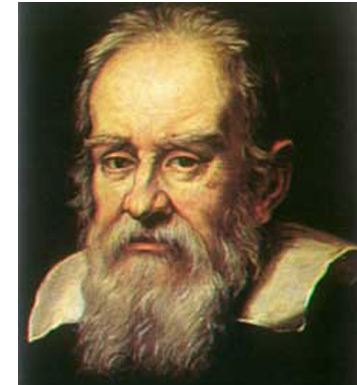
Polarización por reflexión

Cuando un haz de luz no polarizado se refleja desde una superficie, la luz reflejada puede polarizarse completamente, polarizarse parcialmente o no polarizarse, esto dependerá del ángulo de incidencia: Ley de Brewster



La rapidez de la luz

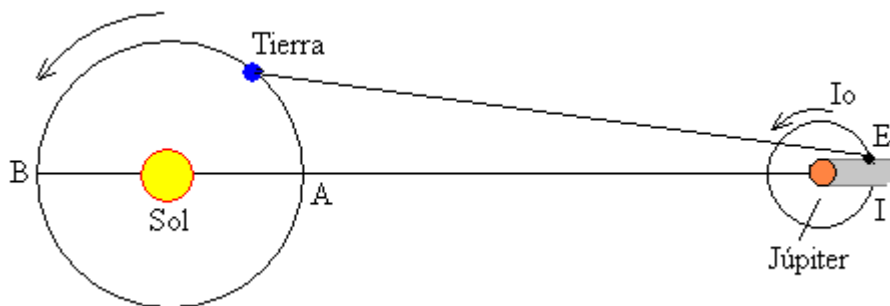
- La rapidez de la luz es constante para cada medio: en el vacío y en el aire su valor es aproximadamente 3×10^8 [m/s]
- *G. Galileo* (1638): fue el primero que intentó determinar la rapidez de la luz: colocó dos observadores separados una distancia de 10 [km] enviándose señales luminosas. El tiempo que tarda la luz es menor que el tiempo de reacción de una persona (0.1 [s]).



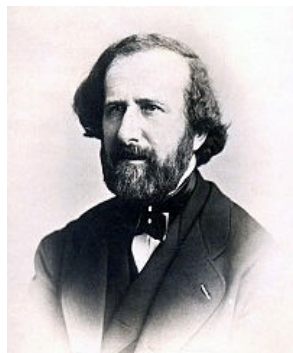
La rapidez de la luz



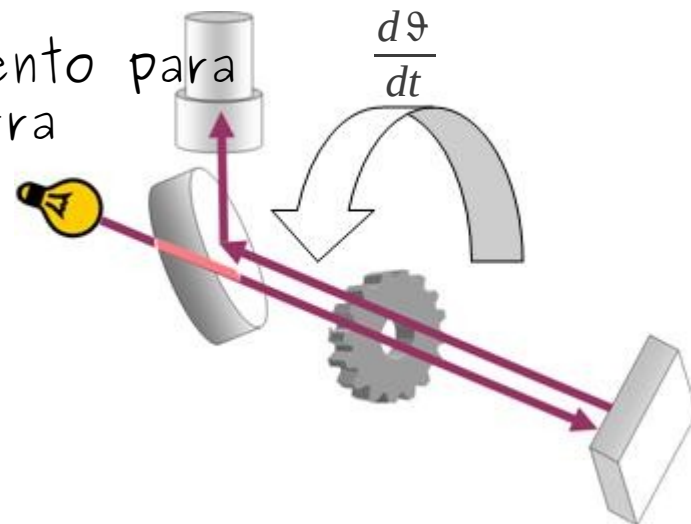
- **O. Roemer** (1675): determinó la rapidez de la luz utilizando una luna del planeta Júpiter (Io)



- **A. Fizeau** (1849): diseñó un experimento para medir la rapidez de la luz en la Tierra



$$\Delta \vartheta = \frac{d\vartheta}{dt} \Delta t = \frac{d\vartheta}{dt} \frac{2d}{c}$$



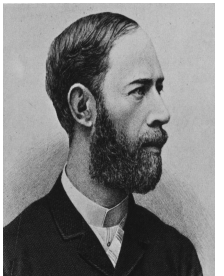
La naturaleza dual de la luz



- C. Huygens** (1678): Teoría Ondulatoria de la Luz
- La luz son ondas (similares a las de sonido, necesita medio para propagarse)
 - Explica reflexión y refracción



- I. Newton** (1704): Teoría Corpuscular de la Luz
- La luz son partículas
 - Explica reflexión y refracción



- T. Young** (1801): experimento de la doble rendija mostró por primera vez la naturaleza ondulatoria de la luz: interferencia (luz+luz=oscuridad)

J.C. Maxwell (1873): muestra que la luz es una onda electromagnética

H. Hertz (1887): creó por primera vez ondas electromagnéticas y encontró un fenómeno incompatible con la naturaleza ondulatoria de la luz: el efecto fotoeléctrico

A. Einstein (1905): explica el efecto fotoeléctrico: fotones o cuantos de luz

