



# Física III (sección 3) (230006-230010) Ondas, Óptica y Física Moderna

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

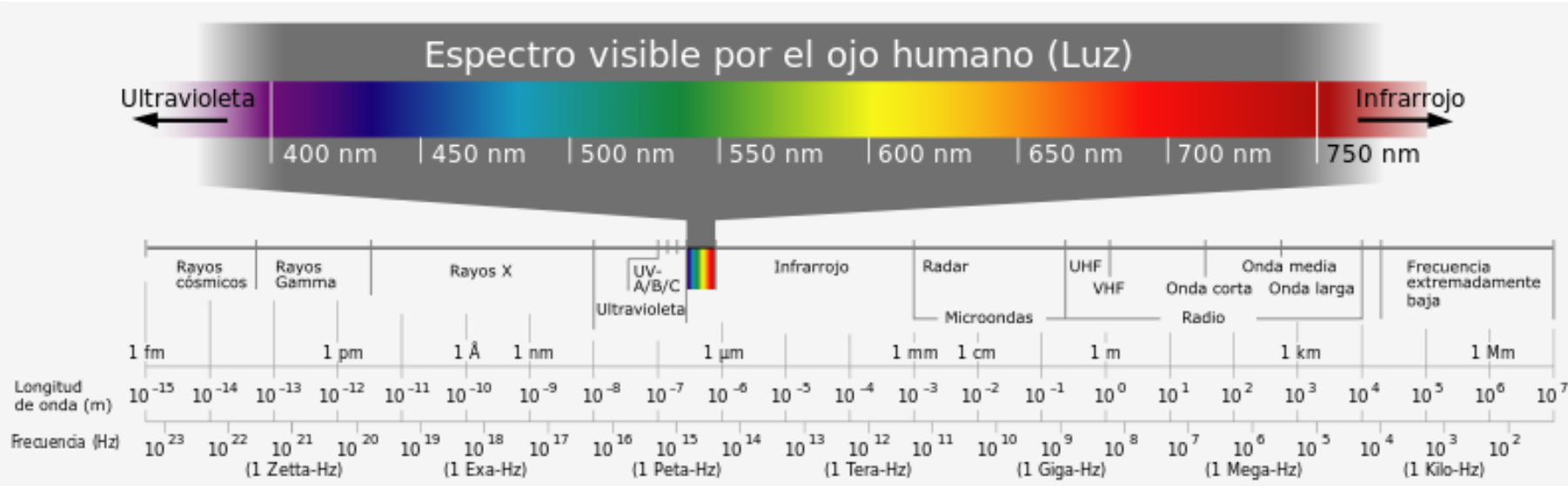
**Carreras:** Ingeniería Civil Civil, Ingeniería Civil  
Mecánica, Ingeniería Civil Industrial



# Ondas

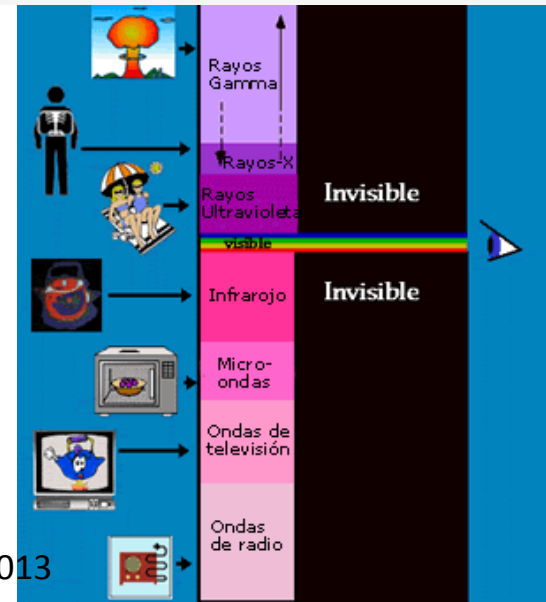
- Ondas mecánicas (medio)
  - Ondas en una cuerda (transversales)
  - Ondas de sonido en un tubo (longitudinales)
    - Descripción de ondas viajeras
    - Velocidad de fase de una onda
    - Interferencia
    - Ondas estacionarias: armónicos
    - Energía: potencia media e intensidad
- Ondas electromagnéticas (vacío)

# Espectro de Ondas Electromagnéticas

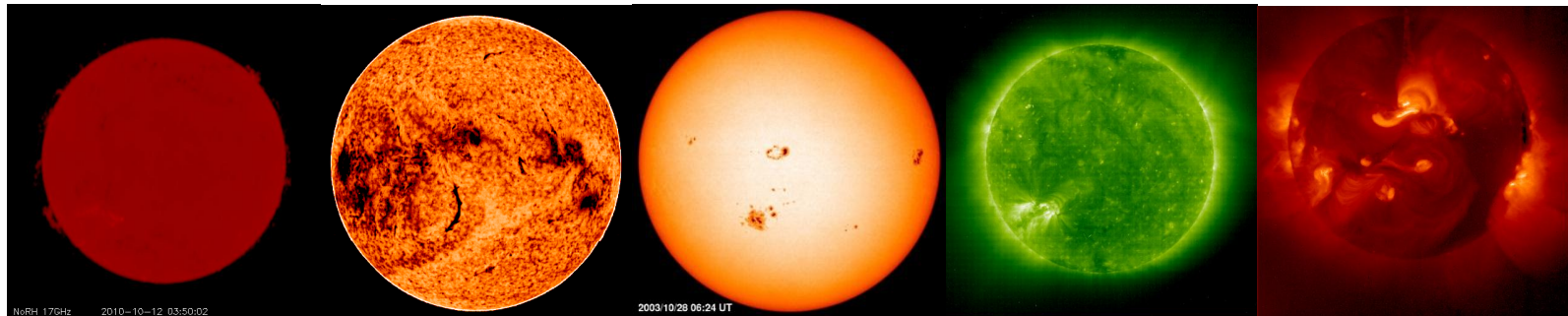


La rapidez con la cual se propagan las ondas electromagnéticas en el vacío ( $c$ ) es la máxima rapidez que puede alcanzar cualquier objeto

$$c = 3 \times 10^8 \text{ [m/s]}$$



# Espectro electromagnético



SOL

microondas

infrarrojo

visible

ultravioleta

rayos X



NASA/IPAC

93.4

90

85

80

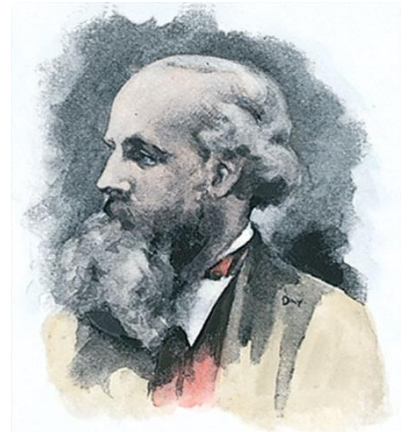
75

73.6



# Ecuaciones de Maxwell

- Todos los fenómenos eléctricos y magnéticos pueden ser resumidos en cuatro ecuaciones fundamentales, las ecuaciones de Maxwell (1865)
- Estas ecuaciones predicen la existencia de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz (encontradas por Heinrich Hertz en 1887)
- La teoría muestra que estas ondas son radiadas por cargas acelerando
- Maxwell unificó el estudio de la luz y el electromagnetismo: la luz es una onda electromagnética



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

James C. Maxwell  
(1831-1879)



Heinrich Hertz  
(1857-1894)

# Ejercicios

- La estrella Polaris está a una distancia de  $6,44 \times 10^{18} [m]$  si Polaris se quemara completamente hoy ¿en qué año usted la vería desaparecer?
- ¿Cuánto tiempo tarda la luz de un rayo (relámpago) en llegar a nosotros si éste es producido a  $10 [km]$  de distancia?  
¿Cuánto tiempo tarda el sonido de este rayo (trueno) en alcanzarnos?
- Un pulso de radar retorna al emisor después de un tiempo de viaje total de  $4 \times 10^{-4} [s]$ . ¿Qué tan lejos está el objeto que refleja la onda?



# Ecuaciones de Maxwell (vacío)

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$= \Phi_E$$

flujo  
eléctrico

**Ley de Gauss:** el flujo eléctrico total a través de cualquier superficie cerrada es proporcional a la carga neta al interior de la superficie.

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$= \Phi_B$$

flujo  
magnético

**Ley de Gauss:** el flujo magnético total a través de cualquier superficie cerrada es cero. No existen monopolos magnéticos.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

**Ley de Inducción de Faraday:** la variación de un flujo magnético en el tiempo genera un campo eléctrico.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I$$

**Ley de Ampere** la variación de un flujo eléctrico en el tiempo y una corriente eléctrica generan un campo magnético.

$$\mu_0 = 8,85 \times 10^{-12} [F/m]$$

Permeabilidad del vacío

$$\epsilon_0 = 4\pi \times 10^{-7} [TmA^{-1}]$$

Permitividad del vacío

# Ecuaciones de Maxwell (vacío)

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q}{\epsilon_0} = \Phi_E$$

**Ley de Gauss:** el flujo eléctrico total a través de cualquier superficie cerrada es proporcional a la carga neta al interior de la superficie.

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 = \Phi_B$$

**Ley de Gauss:** el flujo magnético total a través de cualquier superficie cerrada es cero. No existen monopolos magnéticos.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

**Ley de Inducción de Faraday:** la variación de un flujo magnético en el tiempo genera un campo eléctrico.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

**Ley de Ampere-Maxwell:** la variación de un flujo eléctrico en el tiempo y una corriente eléctrica generan un campo magnético.

Una partícula cargada en presencia de un campo electromagnético sentirá la ***Fuerza de Lorentz:***

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$





# Ondas planas



# Ondas esféricas