



# Física II

## clase 16 (18/05)

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

**Carrera:** Ingeniería Civil Informática



## Reflexión total interna

Para determinar el ángulo crítico recurrimos a la ley de Snell:

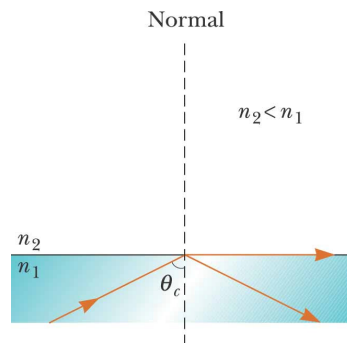
$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_t}{\sin \theta_i} > 1$$

Dado que seno es una función creciente:

$$\theta_i < \theta_t \leq 90^\circ$$

$$\theta_t = 90^\circ \Rightarrow \theta_i = \theta_c$$



En el caso:

$$n_2 > n_1 \Rightarrow \theta_i > \theta_t$$

no se presenta RTI

## Ejemplo

- Considere un espejismo común formado por el aire caliente sobre una carretera. El conductor de un camión cuyos ojos están a 2 [m] del pavimento, donde  $n=1.0003$  mira hacia adelante y percibe la ilusión de un charco de agua en el camino, donde su línea de vista forma un ángulo de  $1.2^\circ$  bajo la horizontal. Encuentre el índice de refracción del aire que está apenas encima de la superficie del camino



Física II    MAC    I-2011

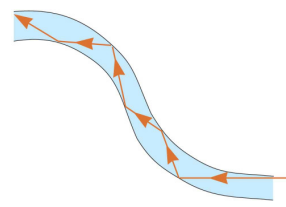
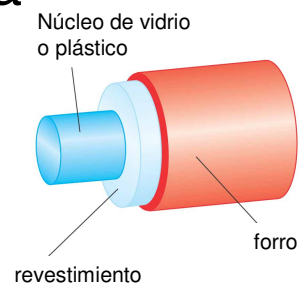
3

## Fibra óptica

- Varillas de vidrio o plástico que se usan para transportar luz de un lugar a otro.
- La luz es confinada a moverse al interior de la varilla, incluso alrededor de curvas
- El revestimiento tiene un índice de refracción menor que el núcleo
- Al viajar por la fibra óptica se pierde muy poca intensidad de la luz
- Son inmunes a interferencias electromagnéticas



Flujos elevados de info  
Flexibilidad  
Ligereza  
No radia nada  
Resistencia temperatura  
Resistencia corrosión



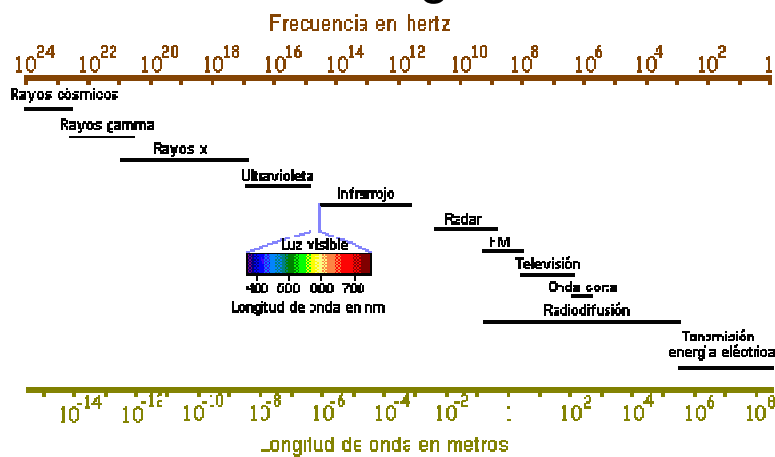
Física II    MAC    I-2011

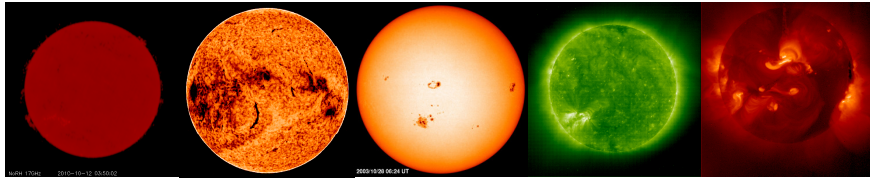
4

# 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

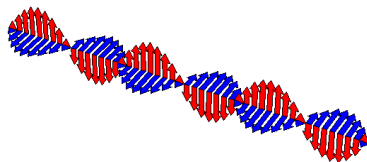




Física II      MAC      I-2011

## Ecuaciones de Maxwell

- Todos los fenómenos eléctricos y magnéticos pueden ser resumidos en cuatro ecuaciones fundamentales, las ecuaciones de J.C. Maxwell (1831-1879)
- 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

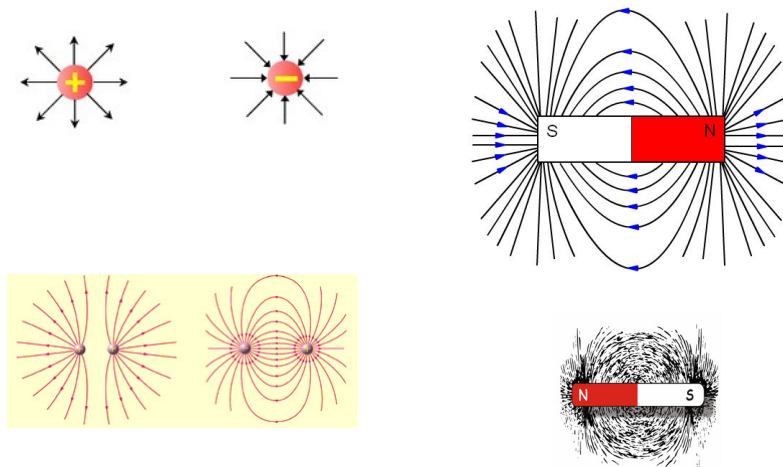


Física II      MAC      I-2011

## 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 en llegar a nosotros si éste es producido a 10 [km] de distancia?  
¿Cuánto tiempo tarda el sonido de este rayo 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?

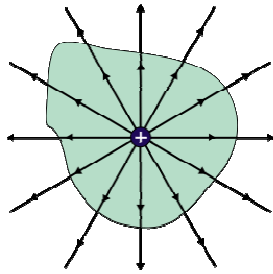
## Líneas de campo



# Ley Gauss

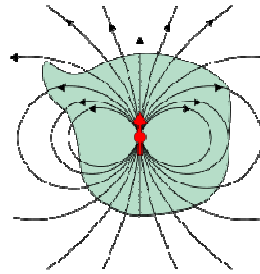
$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

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



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

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



Física II

MAC

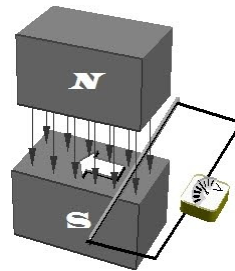
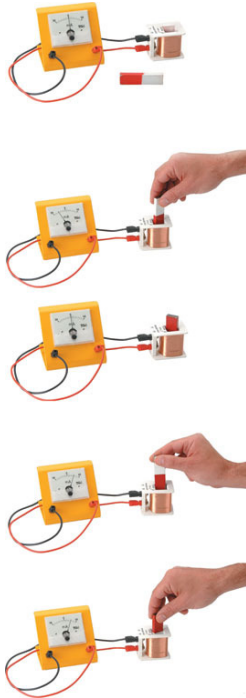
I-2011

11

# Ley de Faraday

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

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



Física II

MAC

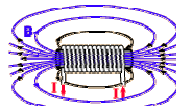
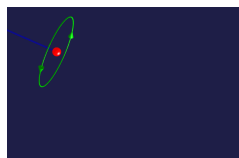
I-2011

12

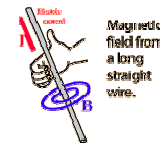
# Ley de Ampere

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

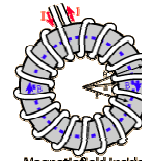
$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$



Magnetic field inside a long solenoid.



Magnetic field from a long straight wire.



Magnetic field inside a toroidal coil.



Magnetic field inside a conductor.

# Ecuaciones de Maxwell (vacío)

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

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

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

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

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

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

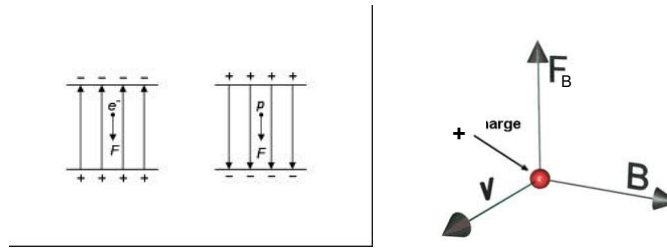
$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

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

## Fuerza de Lorentz

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

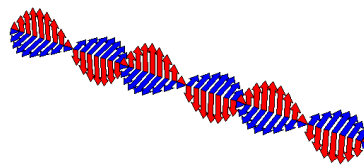
$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$



## Ondas electromagnéticas

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$$



$$\vec{k} \perp \vec{E} \perp \vec{B}$$

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

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

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

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



# Regla de la mano derecha

