

# UNIDAD 10

## NATURALEZA DE LA LUZ

# Objetivos Específicos:

Que el alumno logre:

- Definir correctamente el índice de refracción de una sustancia.
- Reconocer la variación de la sensibilidad del ojo humano promedio en función de la longitud de onda.
- Definir y aplicar correctamente las unidades fotométricas.
- Aplicar las leyes de la fotometría en situaciones concretas.

# OPTICA

- **Es una de las ramas más antiguas de la física**
- **Es la ciencia de la luz**
- **Comienza cuando el hombre trata de explicar el fenómeno de la visión considerándolo como facultad anímica que le permite relacionarse con el mundo exterior.**

# Óptica

- **Es la rama de la física que se ocupa de la propagación y el comportamiento de la luz.**
- **Se divide en dos ramas:**
  - **óptica geométrica**
    - **Estudia las ondas luminosas utilizando rayos y sus aplicaciones a instrumentos ópticos.**
  - **óptica física**
    - **Apela al carácter ondulatorio de la luz para explicar los fenómenos.**

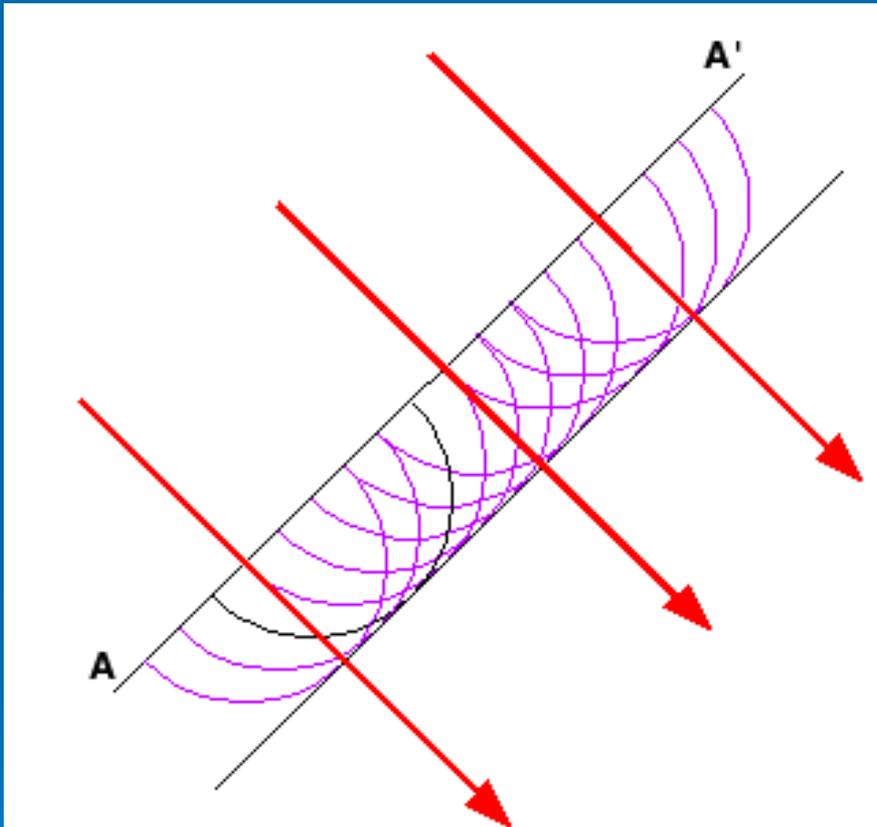
# Naturaleza de la luz

- ***Isacc Newton*** (*Teoría Corpuscular*)
- ***Cristian Huygens***.(Teoría Ondulatoria)
- Ambos científicos fueron contemporáneos y llegaron a conocerse en 1689. Un año más tarde aparece la obra de Huygens, mientras que Newton publica su obra en 1704.

# Teoría corpuscular

- **Propagación rectilínea.** La luz se propaga en línea recta porque los corpúsculos que la forman se mueven a gran velocidad.
- **Reflexión**
- **Refracción**

# Teoría ondulatoria



- Reflexión
- Refracción
- Polarización
- Interferencia
- Difracción

- A finales del siglo XIX se sabía ya que la velocidad de la luz en el agua era menor que la velocidad de la luz en el aire contrariamente a las hipótesis de la teoría corpuscular de Newton.

- En 1801 el inglés T. Young dio un gran impulso a la teoría ondulatoria explicando el fenómeno de las interferencias y midiendo las longitudes de onda correspondientes a los distintos colores del espectro

- En 1864 Maxwell obtuvo una serie de ecuaciones fundamentales del electromagnetismo y predijo la existencia de ondas que se propagan a una velocidad de aprox. a  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Supuso que la luz representaba una pequeña porción del espectro de ondas electromagnéticas.

➤ 15 años después, Hertz confirmó experimentalmente la existencia de estas ondas.

➤ Pero otros fenómenos

- Radiación del cuerpo negro
- Efecto fotoeléctrico
- Espectros atómicos

Pusieron de manifiesto la impotencia de la teoría ondulatoria para explicarlos.

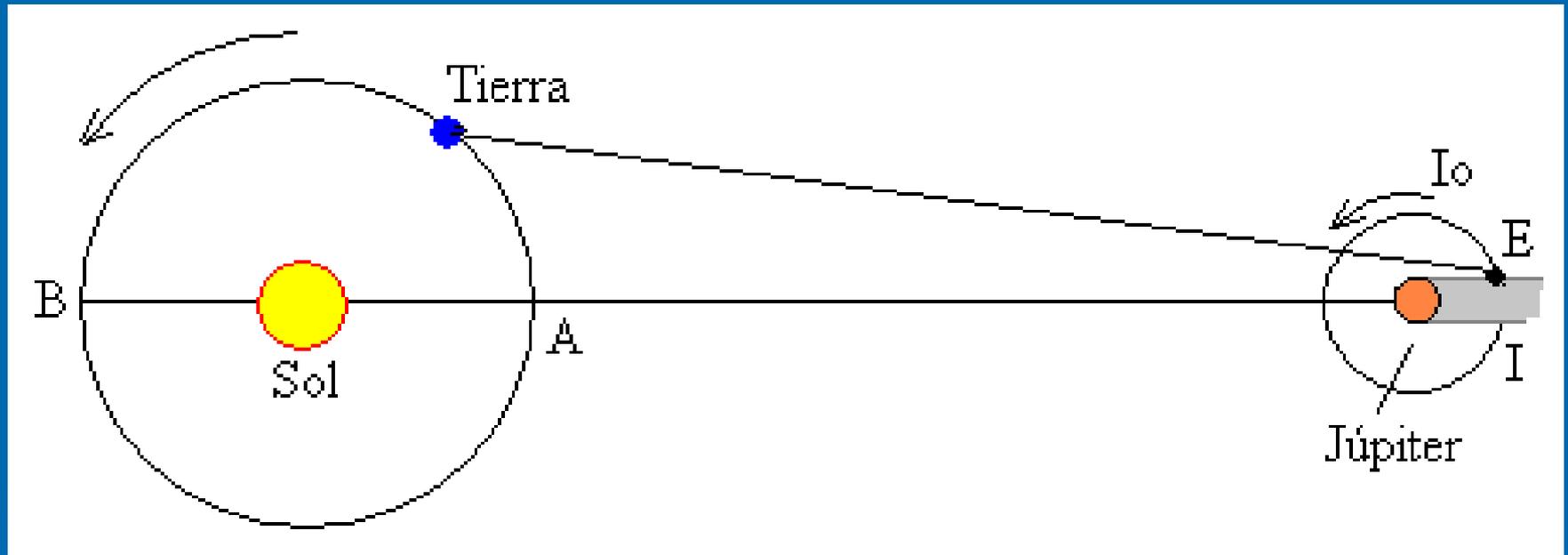
- **En 1905, basándose en la teoría cuántica de Planck, Einstein explicó el efecto fotoeléctrico por medio de corpúsculos de luz que él llamó fotones.**
- **Bohr en 1912 explicó el espectro de emisión del átomo de hidrógeno, utilizando los fotones**
- **Compton en 1922 el efecto que lleva su nombre apoyándose en la teoría corpuscular de la luz.**

# **Actualmente, se reconoce el comportamiento dual (onda-partícula) de la luz**

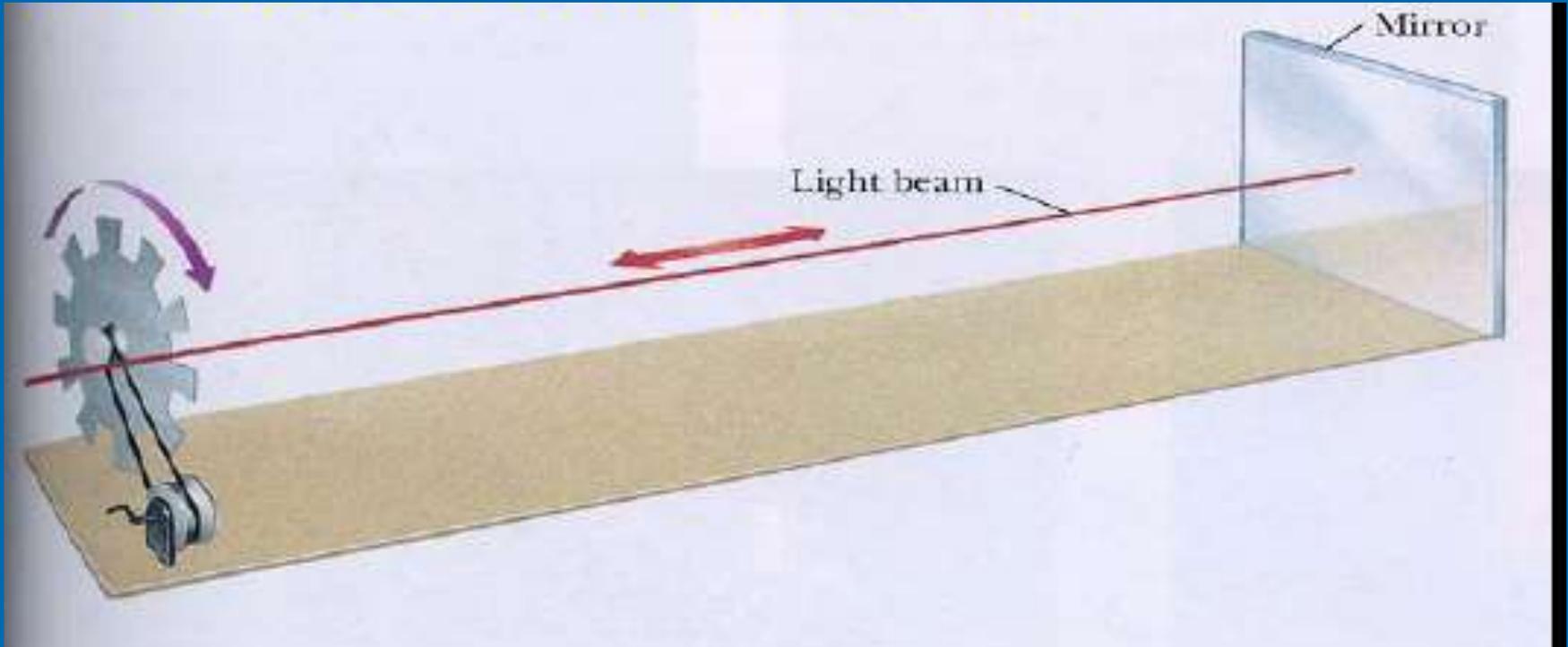
# Velocidad de la luz



# Olaf Roemer (1675)



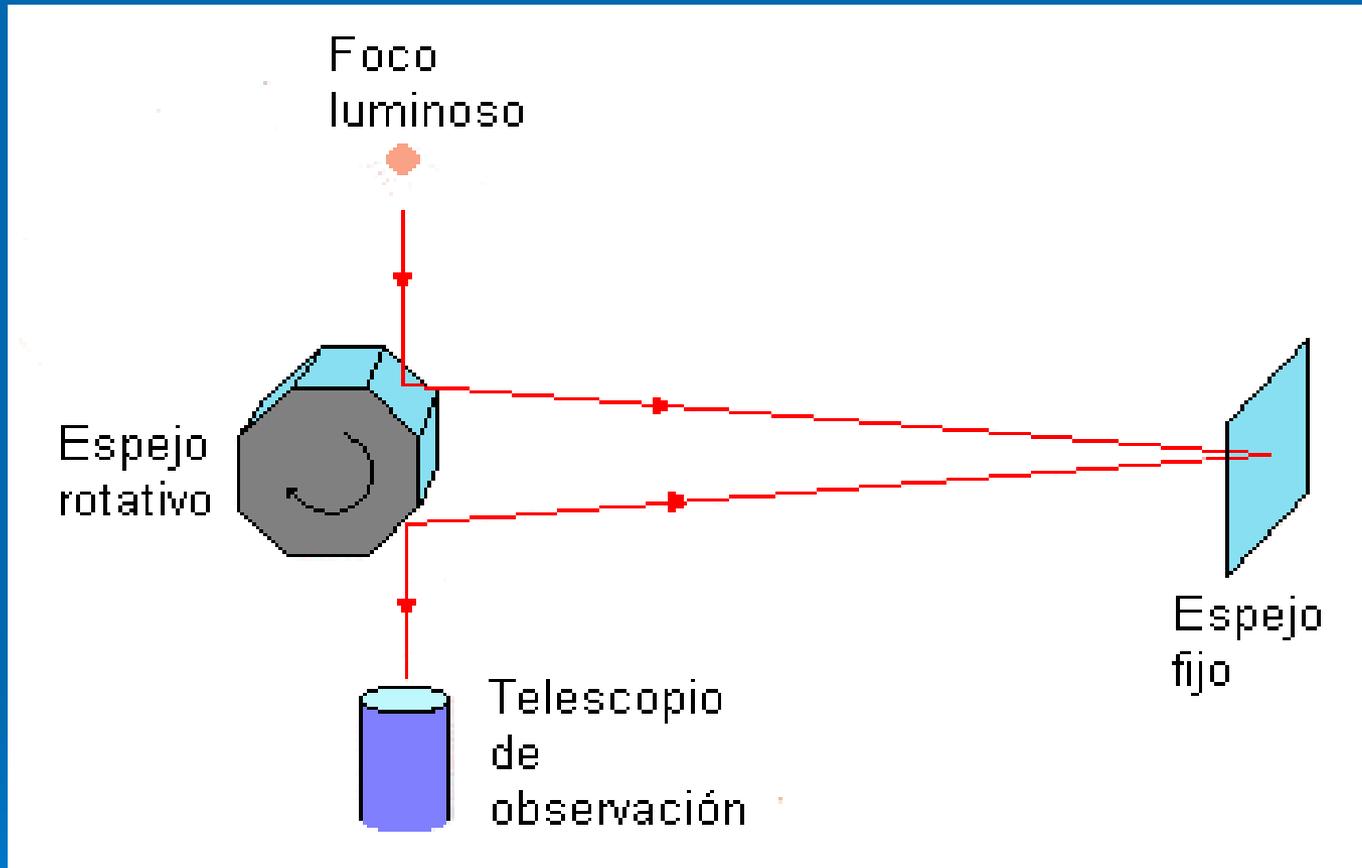
# Fizeau (1849)



$$\frac{\theta}{\omega} = \frac{2l}{c}$$

$$c = 3,15 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

# Método de Foucault

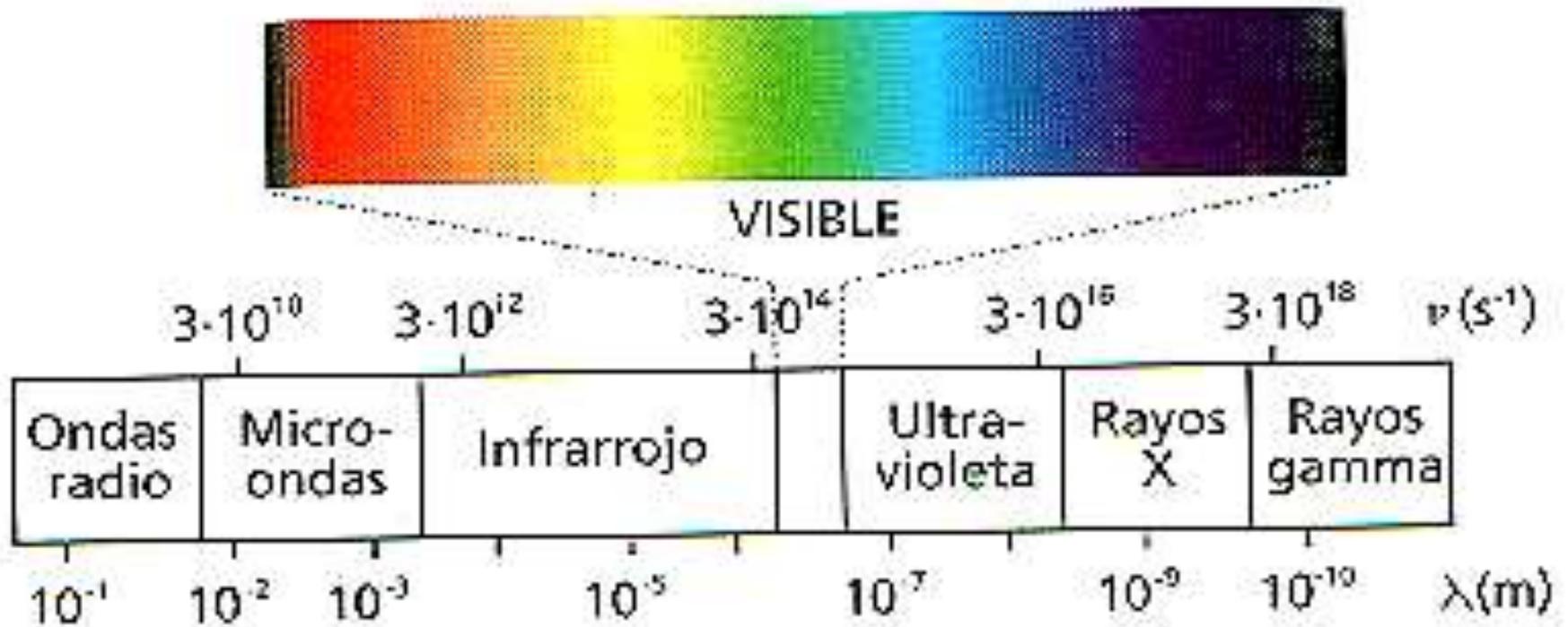


$$c = 2,99774 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

➤ **Actualmente se acepta**

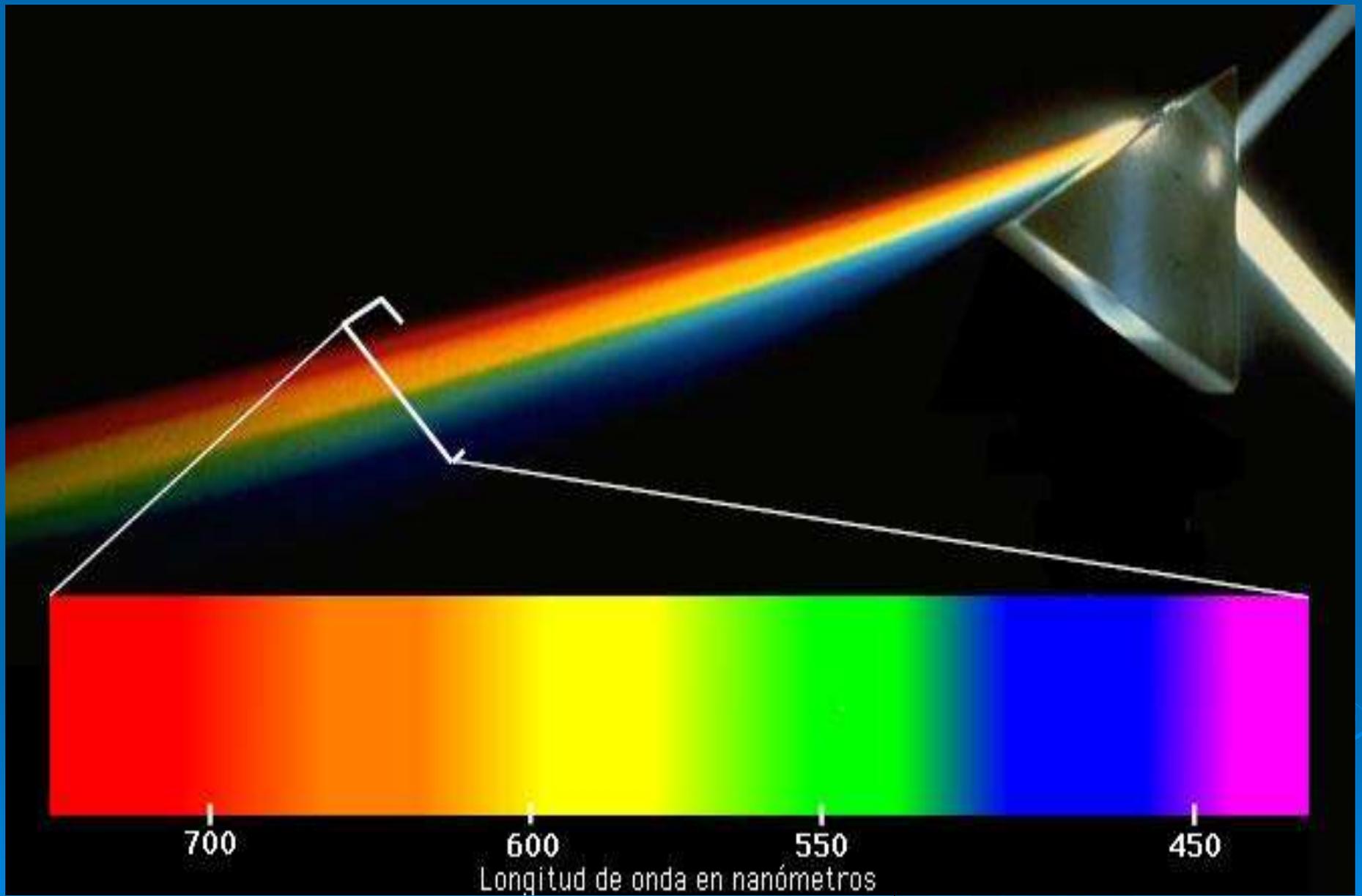
$$c = 2,997929 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

# ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



# UNIDADES

- **1 micra (  $1\mu$  ) =  $10^{-4}$  cm**
- **1 milimicra (  $1m\mu$  ) =  $10^{-7}$  cm**
- **1 Angstrom(  $1\text{\AA}$  )  $10^{-8}$  cm**



<b>ROJO</b>		<b>De 6200 a 7500 Å</b>
<b>NARANJA</b>		<b>De 5900 a 6200 Å</b>
<b>AMARILLO</b>		<b>De 5700 a 5900 Å</b>
<b>VERDE</b>		<b>De 4900 a 5700 Å</b>
<b>AZUL</b>		<b>De 4300 a 4900 Å</b>
<b>VIOLETA</b>		<b>De 4000 a 4300 Å</b>

# Índice de refracción

$$n = \frac{\text{velocidad.de.la.luz.en.el.vacío}}{\text{velocidad.de.la.luz.en.el.medio}} = \frac{c}{v}$$

$$n \geq 1$$

# Sólidos (a 20°C)

- **Yodo: 3,34**
- **Sodio: 4,22**
- **Ámbar: 1,55**
- **Parafina: 1,43**
- **Crown: 1,52**
- **Flint liviano: 1,58**
- **Flint pesado: 1,65**
- **Flint muy pesado: 1,8**
- **Hielo: 1,31**
- **Sal común: 1,5443**

# Líquidos (a 20°C)

- **Acetona: 1,359**
- **Benceno: 1,501**
- **Agua: 1,333**
- **Alcohol: 1,36**
- **Hidrógeno: 1,097**
- **Nitrógeno: 1,205**
- **Oxígeno: 1,221**

# Gases (en CNPT)

- **Hidrógeno: 1,00013**
- **Oxígeno: 1,00027**
- **Cloro: 1,00077**
- **Aire: 1,00029**
- **Dióx. de C:1,00045**
- **Helio: 1,00004**
- **Nitrógeno: 1,00030**

Como

$$v = \lambda \cdot f$$

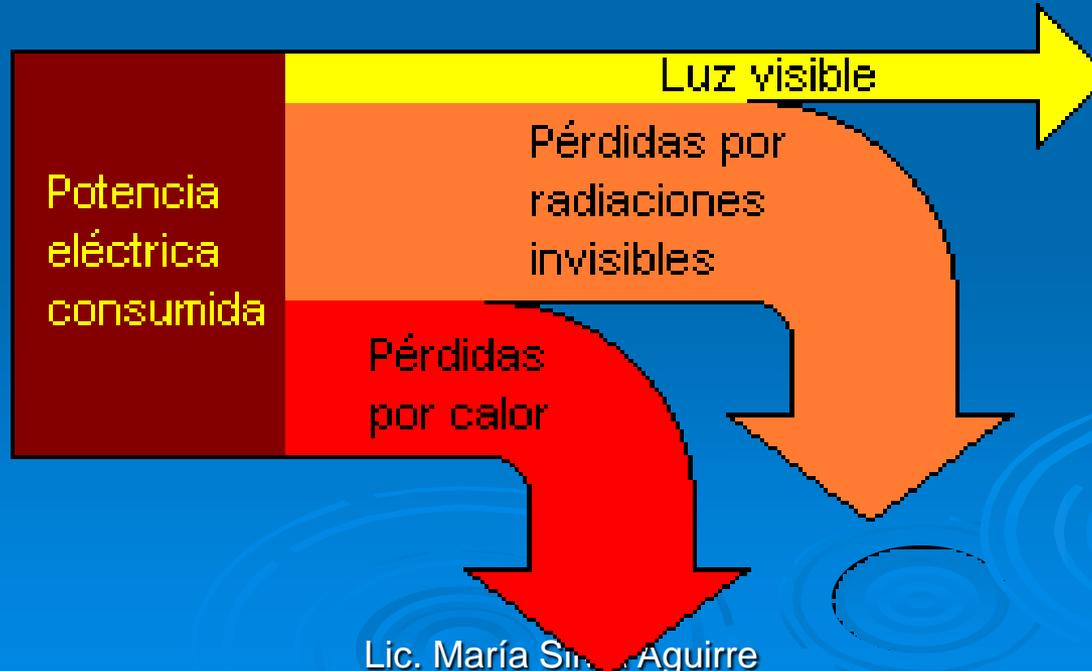
$$n = \frac{\lambda_o \cdot f}{\lambda \cdot f} = \frac{\lambda_o}{\lambda}$$

# FOTOMETRÍA

# FLUJO RADIANTE

- Es toda la energía que irradia una fuente por unidad de tiempo y unidad de área.

$$\text{Flujo radiante} = E/t \text{ ( W)}$$

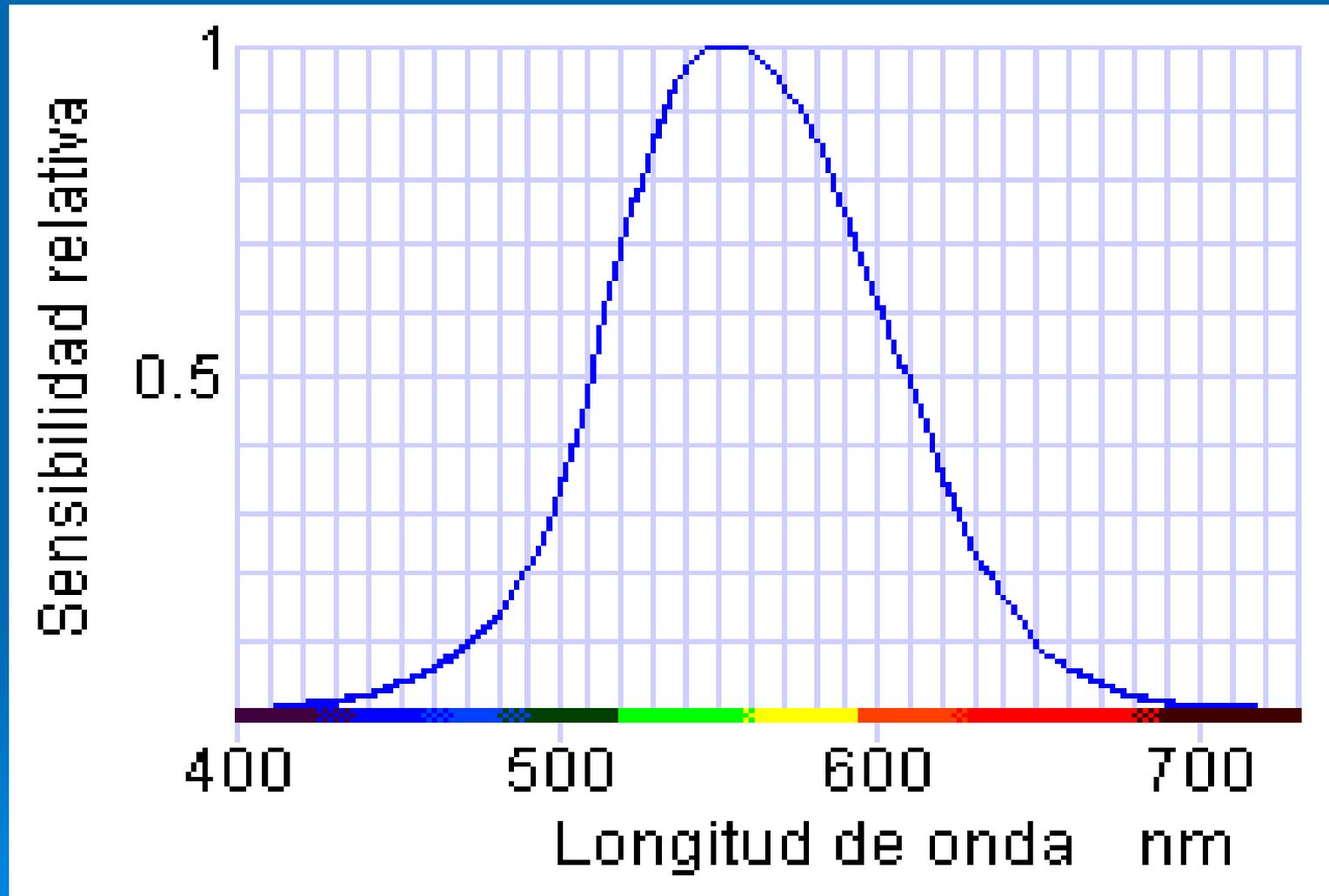


# FLUJO LUMINOSO

- Es el flujo radiante capaz de producir sensación de luz en el ojo humano.

<b>Flujo luminoso</b>	<b>Símbolo</b>	$\phi$
	<b>Unidad</b>	<b>lumen (lm)</b>

# Rendimiento espectral del ojo



# RENDIMIENTO LUMINOSO

- Es el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$$

$$\eta = \frac{\phi}{P_{\text{cons}}}$$

**lm / W**



<b>Lámpara</b>	<b>Consumo (W)</b>	<b>Flujo Luminoso (lm)</b>
<b>Incandescente</b>	<b>60</b>	<b>720</b>
<b>Fluorescente</b>	<b>40</b>	<b>2.800</b>
<b>Mercurio c.c.</b>	<b>400</b>	<b>23.000</b>
<b>Sodio A.P.</b>	<b>400</b>	<b>40.000</b>

	100W Incand. clara	20W Bajo Consumo
Costo de compra	\$ 1,00	\$ 12,00
Vida útil	1.200 hs	6.000 hs
Consumo de energía en 6.000 hs.	600 kWh	12 kWh
Costo de energía p/h de funcionamiento	\$ 0,015	\$ 0,003
Costo de energía por día	\$ 0,075	\$ 0,015

**Costo estándar de la energía de \$0,15/kWh**

# INTENSIDAD LUMINOSA

- Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta.

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} = \frac{[\text{lumen}]}{[\text{stereoradián}]} = [\text{candela}] = [\text{cd}]$$

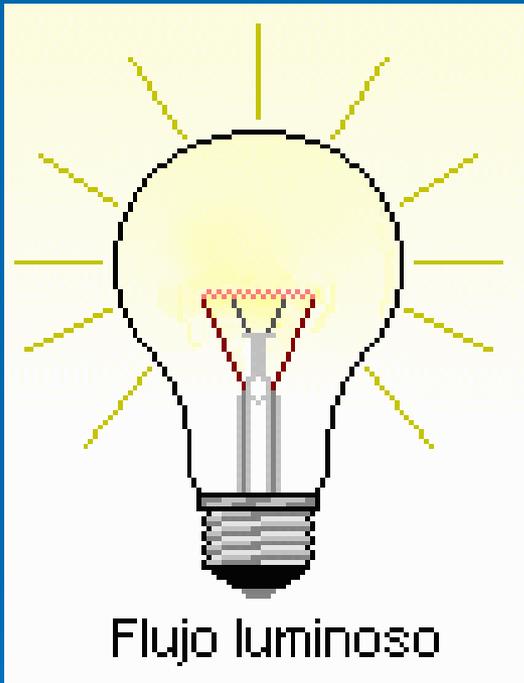
# Angulo sólido



El estereoradián es el ángulo sólido que subtiende una superficie unitaria de  $m^2$  cuando esta pertenece a una esfera de radio unidad (1m)

$$d\omega = \frac{ds}{r^2} \quad \text{de donde} \quad ds = r^2 \cdot d\omega$$

# Diferencia entre flujo e intensidad luminosa.



# ILUMINANCIA o ILUMINACIÓN

- Es el flujo luminoso que incide sobre una superficie cuando dicho flujo está uniformemente distribuido.

$$E = \frac{d\phi}{dS} \left[ \frac{\text{lumen}}{m^2} \right] = [\text{lux}]$$

# Algunos ejemplos:

<b>Casos</b>	<b>Iluminación (lux)</b>
<b>Luna llena c/ cielo claro</b>	<b>0,25 – 0,5</b>
<b>Oficina bien iluminada</b>	<b>800 – 1.200</b>
<b>Campo de deporte Para TV color</b>	<b>1.200 – 1.500</b>

# Cantidad de luz

- Es el flujo luminoso emitido durante cierto tiempo

$$Q = \phi \cdot t \text{ [lm.s]}$$

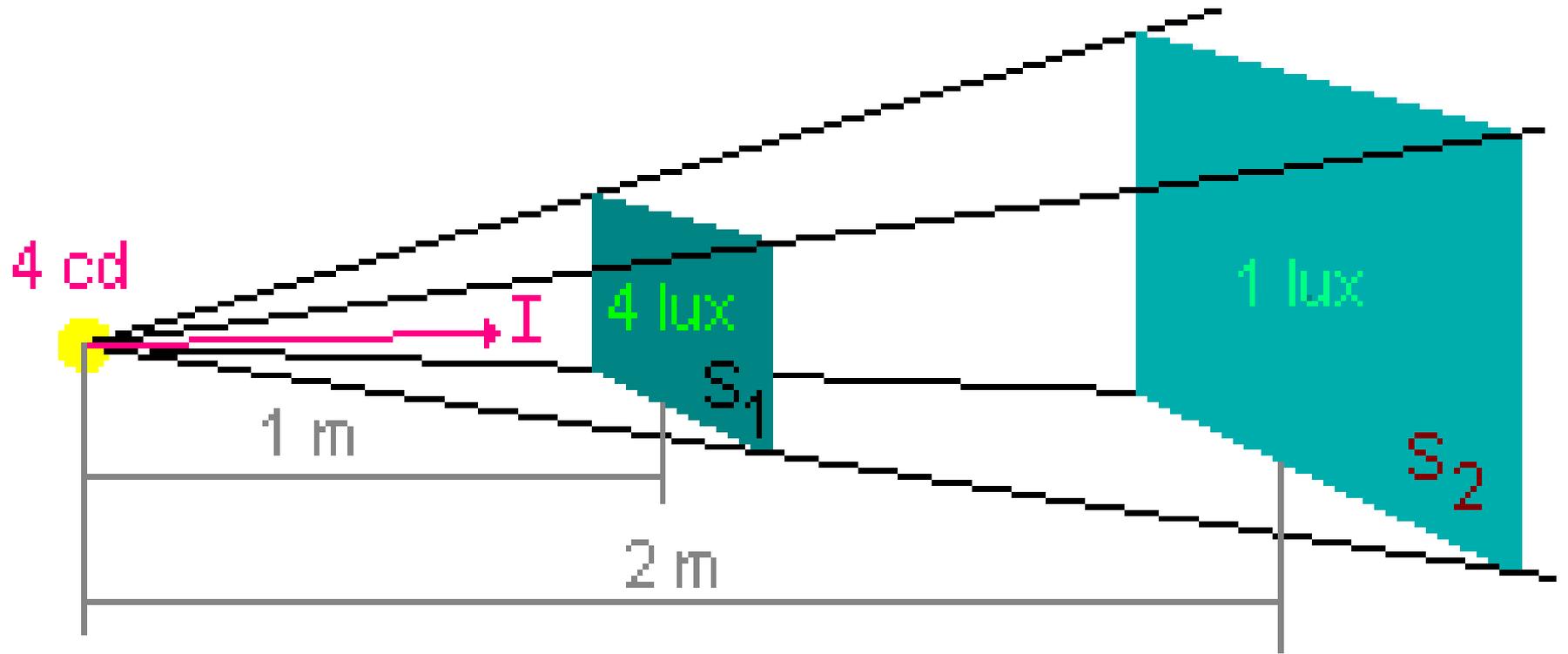
# Ley inversa de los cuadrados

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \Rightarrow d\phi = I.d\omega$$

$$E = \frac{d\phi}{dS} = \frac{I.d\omega}{dS}$$

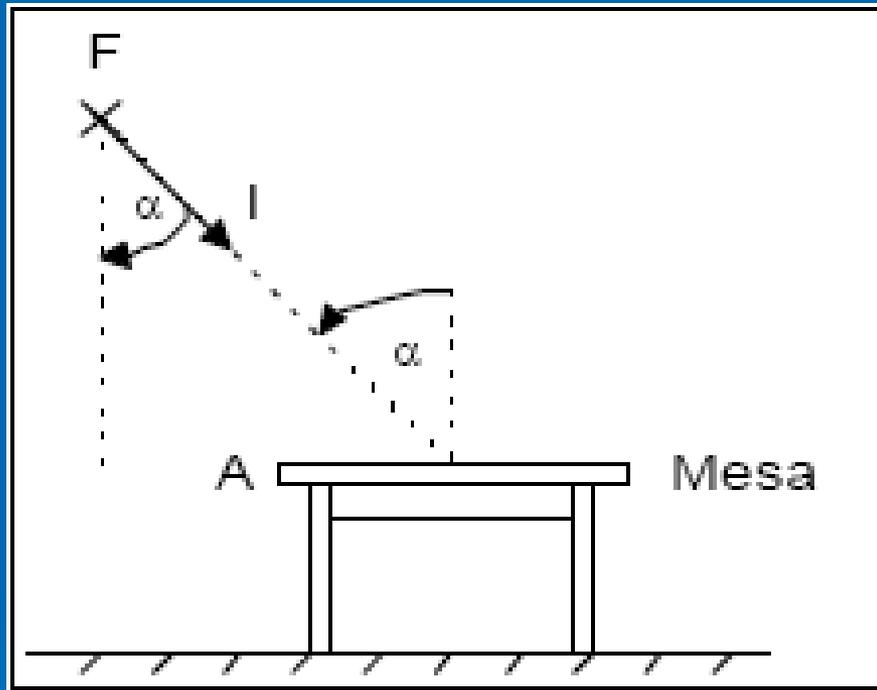
$$d\omega = \frac{dS}{r^2}$$

$$E = \frac{I.dS}{dS.r^2} = \frac{I}{r^2}$$



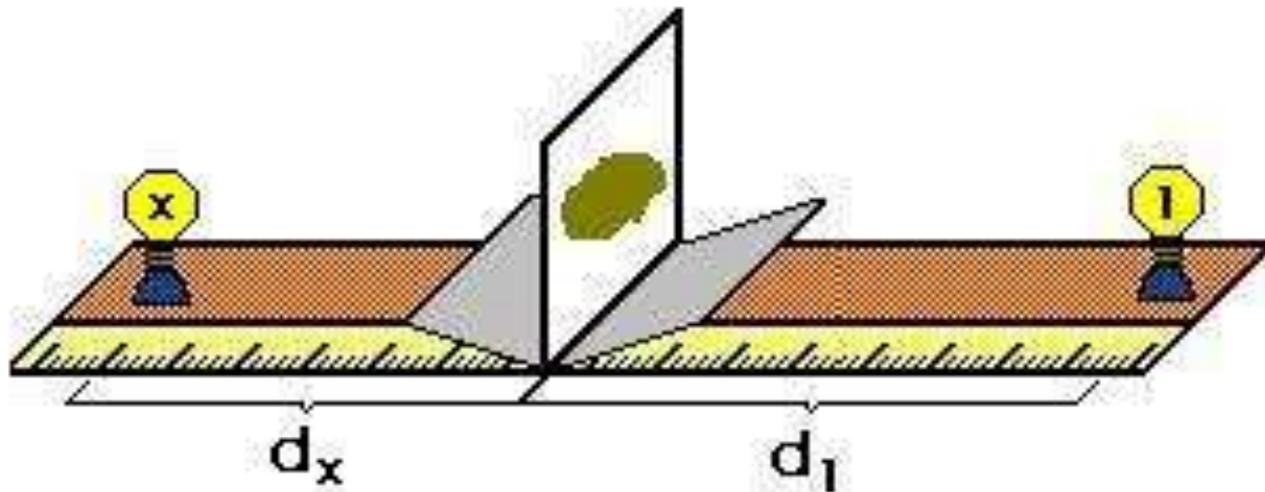
$$E = \frac{I}{r^2}$$

Cuando la iluminación no es perpendicular:



$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{I} \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

# Fotómetro de Bunsen



$$\frac{I_x}{d_x^2} = \frac{I_1}{d_1^2}$$
$$I_x = \frac{I_1 \cdot d_x^2}{d_1^2}$$

# Luminancia

- Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada.

$$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

$$\text{cd/m}^2 = \text{nit}$$

