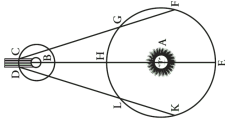




Conceptos básicos:

- Primeras mediciones de la velocidad de la luz:
- Ole Rømer (1676)



$c \approx 220\,000\text{ km/s}$

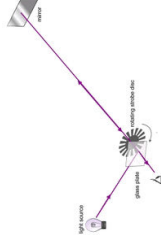


Conceptos básicos:

- Primeras mediciones de la velocidad de la luz:
- Fizeau (1850)



$c \approx 290\,000\text{ km/s} !!$



Conceptos básicos:

- Dos postulados de la Relatividad Especial:
- Las leyes de la física son las mismas en todo el Universo.
- La velocidad de la luz en el vacío es constante.



Conceptos básicos:

- Conceptos básicos de física moderna
- Relatividad Especial
- Efecto Doppler
- Espectros
- Escala de magnitudes
- Paralaje



Conceptos básicos:

- Primeras mediciones de la velocidad de la luz:
- Galileo (~1600)
- Römer (1676)
- Fizeau (1850)



Conceptos básicos:

- Primeras mediciones de la velocidad de la luz:
- Galileo (~1600)



" c = 10 veces más rápida que el sonido"

Escuela de Verano 2008

Galaxias y Cosmología

Dr. Sebastián López
slopez@das.uchile.cl
Departamento de Astronomía
FCFM, U. De Chile

Primeras preguntas...

- ¿ Es el Universo infinito ?
- ¿ Cuál es la edad del Universo ?
- ¿ Cuál es el futuro del Universo ?





Lectura avanzada:

- Relatividad Especial de Einstein lleva necesariamente a un nuevo tipo de definición de la energía y el momentum.
- $P = \gamma mv$
- $E = \gamma mc^2$



Lectura avanzada:

- Relatividad Especial de Einstein lleva necesariamente a los siguientes fenómenos:
- Contracción espacial
- Dilatación del tiempo



Lectura avanzada:

- Un SRI es “sistema de referencia inercial”: laboratorio en que se cumple la 1ra ley de Newton.
- Postulados de Einstein llevan necesariamente a un nuevo tipo de transformaciones: las transformaciones de Lorentz.



Lectura avanzada:

- Relatividad Especial de Einstein lleva a una definición relativista del Efecto Doppler.

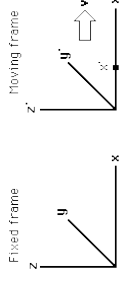


Lectura avanzada:

- Relatividad Especial de Einstein lleva necesariamente a los siguientes fenómenos:
- Contracción espacial

$$L_1 = \frac{L_0}{\gamma}$$

Transformaciones de Lorentz:



$$\begin{aligned}x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\y' &= y \\z' &= z \\t &= \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\end{aligned}$$

Unidades de distancia:

- ¿Qué unidades de distancia usar?
- Definimos el año-luz como la distancia recorrida por la luz en un año.
- Distancia = velocidad de la luz x tiempo
- 1 año-luz (en km) =
 - = 300 000 km/s x 365 x 24 x 60 x 60 s =
 - = 9 460 800 000 000 km



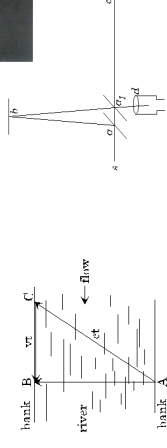
Lectura avanzada:

- Relatividad Especial de Einstein lleva necesariamente a los siguientes fenómenos:
- Dilatación del tiempo

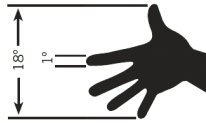
$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$



Experimento de Michelson-Morley:
¿se cumple el postulado 2?



Unidades de distancia:



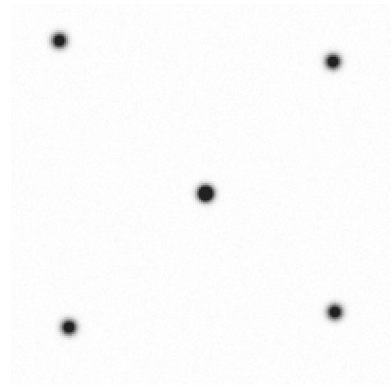
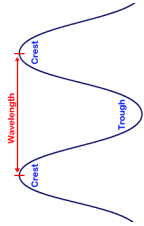
Concepto básico:

- La luz es radiación electromagnética.
 - La luz transporta energía
 - La luz puede propagarse en el vacío
 - A veces como una onda
 - A veces como partículas ("fotones")
- Un resultado de la Mecánica Cuántica!



Concepto básico:

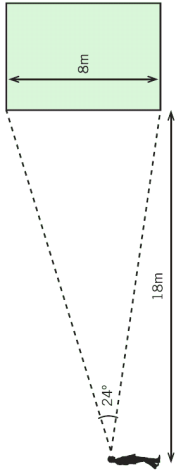
- La luz como onda:
- $\lambda = c / \nu$
- $E = h \times \nu$



Unidades de distancia:

- 1 pc = 32 a.l.
- Método de paralaje sólo es aplicable a algunos cientos de [pc]
- Ejemplo: paralaje de Sirio, $p = 0.38''$
- $d = 1 / 0.38 = 2.6 \text{ [pc]}$

Unidades de distancia:



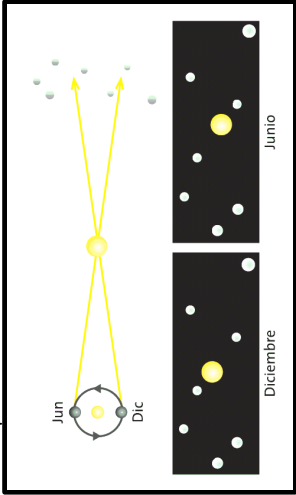
Unidades de distancia:

- Distancia al Sol = 8 minutos-luz
- Distancia a alfa-centauri = 4.4 años-luz
- Diámetro Vía Láctea = 80 000 años-luz !
- ¿Y más lejos...?

— ...Cosmología

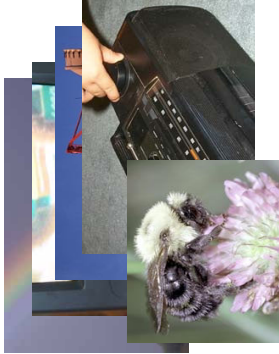
Unidades de distancia:

— El "parsec":



- Paralaje: $d \text{ [pc]} = 1 / p \text{ ["]}$

El espectro electromagnético:



- Visible
- Infrarrojo
- Microondas
- Radio
- Ultravioleta

El espectro electromagnético:



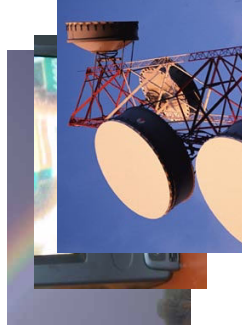
- Visible
- Infrarrojo
- Microondas
- Radio
- Ultravioleta
- Rayos-X

El espectro electromagnético:



- Visible
- Infrarrojo

El espectro electromagnético:



- Visible
- Infrarrojo
- Microondas

El Universo en distintas longitudes de onda:

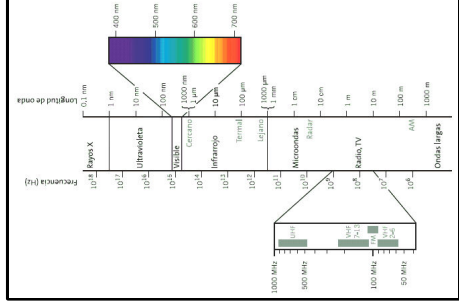


El espectro electromagnético:

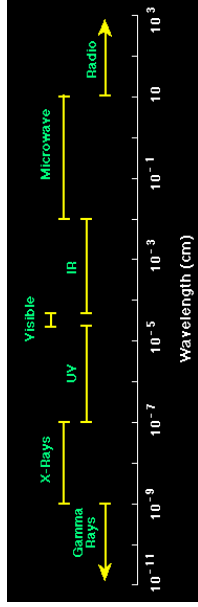


- Visible
- Infrarrojo
- Microondas
- Radio

El espectro electromagnético:



El espectro electromagnético:



El espectro electromagnético:

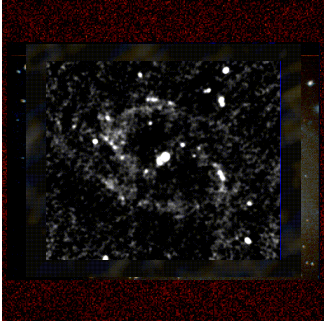


- Visible

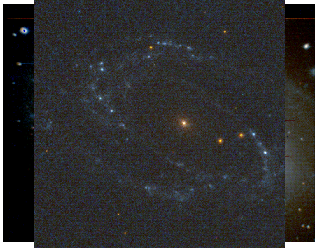
Lectura avanzada:

- Luminosidad “L”: Radiación total, medida en Watts (W), ó W Hz^{-1} , ó W m^{-1}
- Intensidad “I”: Radiación por unidad de área y unidad de ángulo sólido, medida en $\text{W strad}^{-1} \text{m}^{-2}$
- Flujo: Radiación recibida por unidad de área y de frecuencia ó longitud de onda, medido en $\text{W m}^{-2} \text{Hz}^{-1}$

El Universo en distintas longitudes de onda:



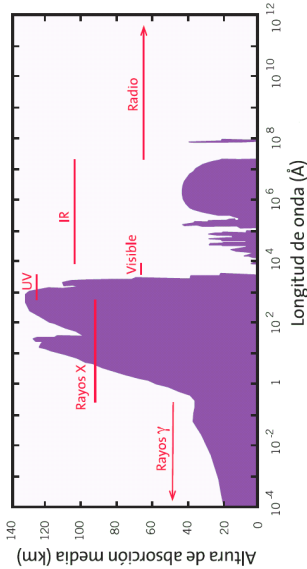
El Universo en distintas longitudes de onda:



Escala de magnitudes:

- Ejemplo: Constante solar: $1,4 \text{ kW m}^{-2}$

Gran problema: la atmósfera!



Escala de magnitudes:

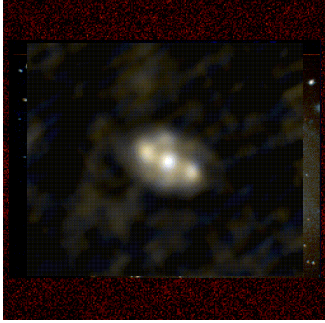
- Ejemplo: Constante solar: $1,4 \text{ kW m}^{-2}$



Escala de magnitudes:

- La energía recibida de una estrella, i.e., su luminosidad aparente “I” o “brillo”, es proporcional a su Luminosidad absoluta “L”
- También es inversamente proporcional al cuadrado de su distancia, d, i.e.:
 - $I = L / 4\pi d^2$

El Universo en distintas longitudes de onda:



Módulo de distancia:

- $d (pc) = 10^{(\mu + 5)/5}$
- $\mu \equiv m - M$
- Magnitud absoluta: M
- Magnitud aparente: m

Escala de magnitudes:

- La “magnitud aparente”, m, de una estrella es la cuantificación en escala logarítmica de su brillo aparente.
- La “magnitud absoluta”, M, de una estrella es magnitud aparente que tendría a una distancia de 10 pc.

Escala de magnitudes:

$$m = -2.5 \log(L/4\pi d^2) + Constante$$

¡Escala inversa! Hiparco (Siglo II a.C.) Pogson (S.XIX)

Ojo humano: 100:1 5 magnitudes

Escala de magnitudes:

$$m = -2.5 \log(L) + 5\log(d) + Constante$$

$$M = -2.5 \log(L) + Constante$$

Módulo de distancia: $\mu = m - M = 5\log(d) - 5$