

# Astronomía para poetas (2014)

Universidad  
Industrial de  
Santander



- Unidad: 02
- Clase: 01
- Fecha: 20141106J
- Contenido: Magnitudes y distancias
- Web: <http://halley.uis.edu.co/astronomia>
- Archivo: 20141104M-HA-magnitudes-y-distancias.odp

Escuela  
de Física

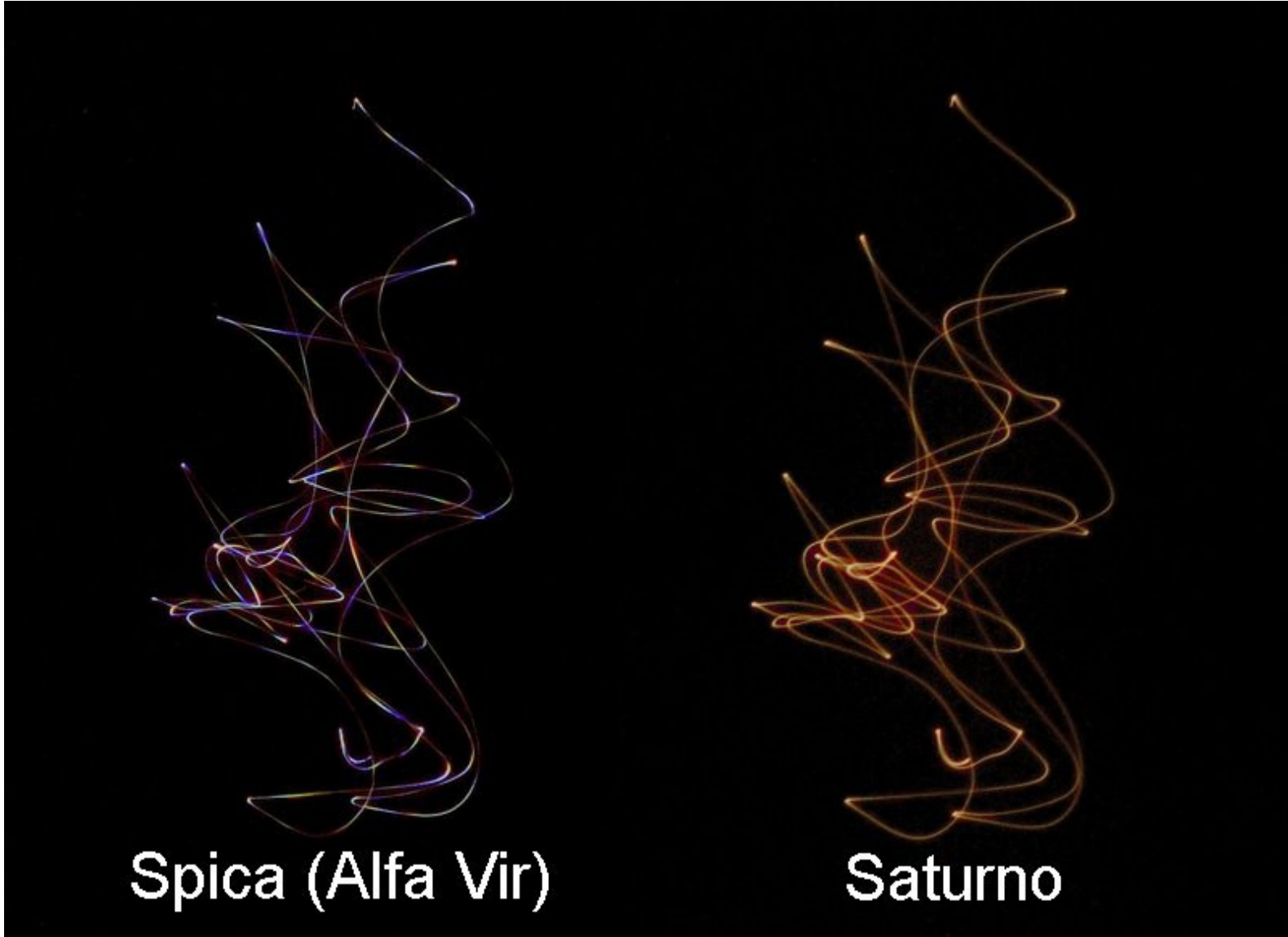
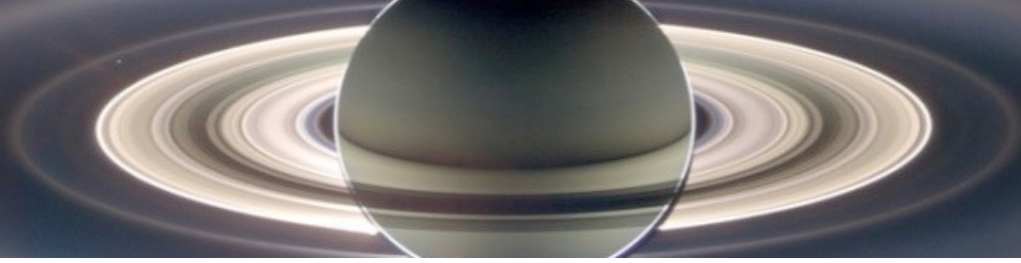


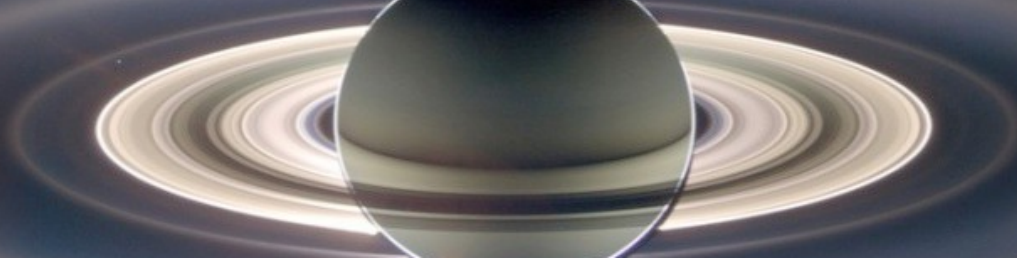
Universidad  
Industrial de  
Santander

**Grupo Halley**  
Astronomía y Ciencias Aeroespaciales



# Titilando

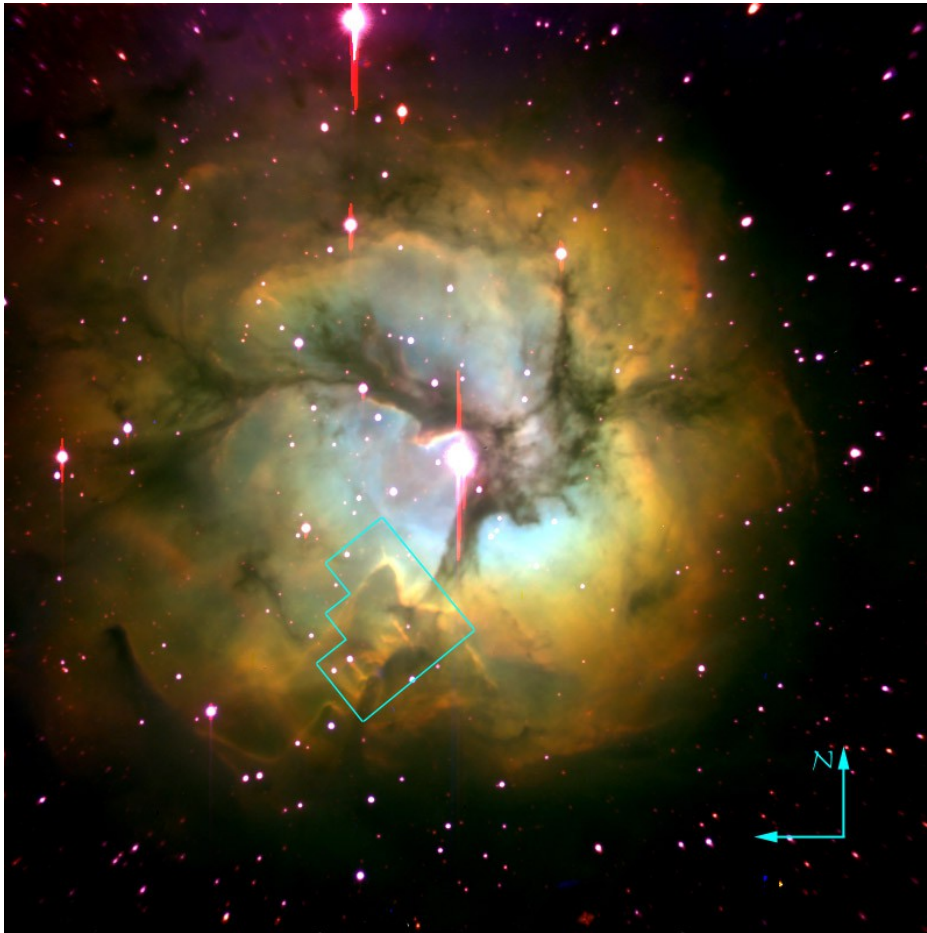




- **Catálogo Messier**

- Compilado por Charles Messier entre 1774 y 1781
- “Catálogo de las Nebulosas y Cúmulos de Estrellas, que se observan entre las estrellas fijas sobre el Horizonte en París”
- 103 objetos → 110 objetos
- Objetivo: eliminar los objetos difusos del cielo para la búsqueda de cometas
- Reciben la denominación Mnnn
- Nebulosas, Cúmulos Abiertos, Cúmulos Globulares y Galaxias

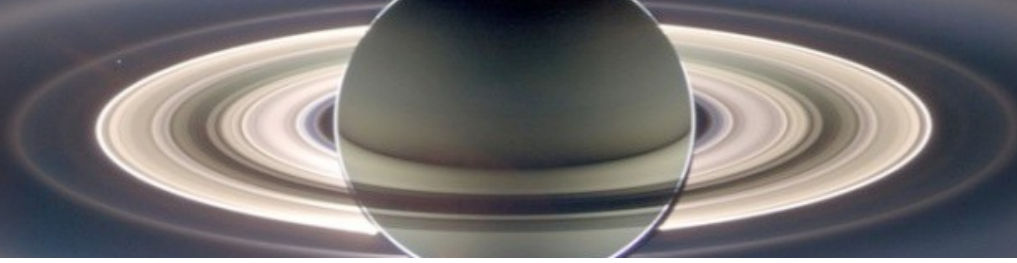
# Nebulosas (Nebulosa Trífida M20)



- Regiones gaseosas en el medio interestelar
- Principalmente H y He
- Lugares de formación estelar
- Remanentes de explosiones estelares
- Objetos celeste de apariencia difusa



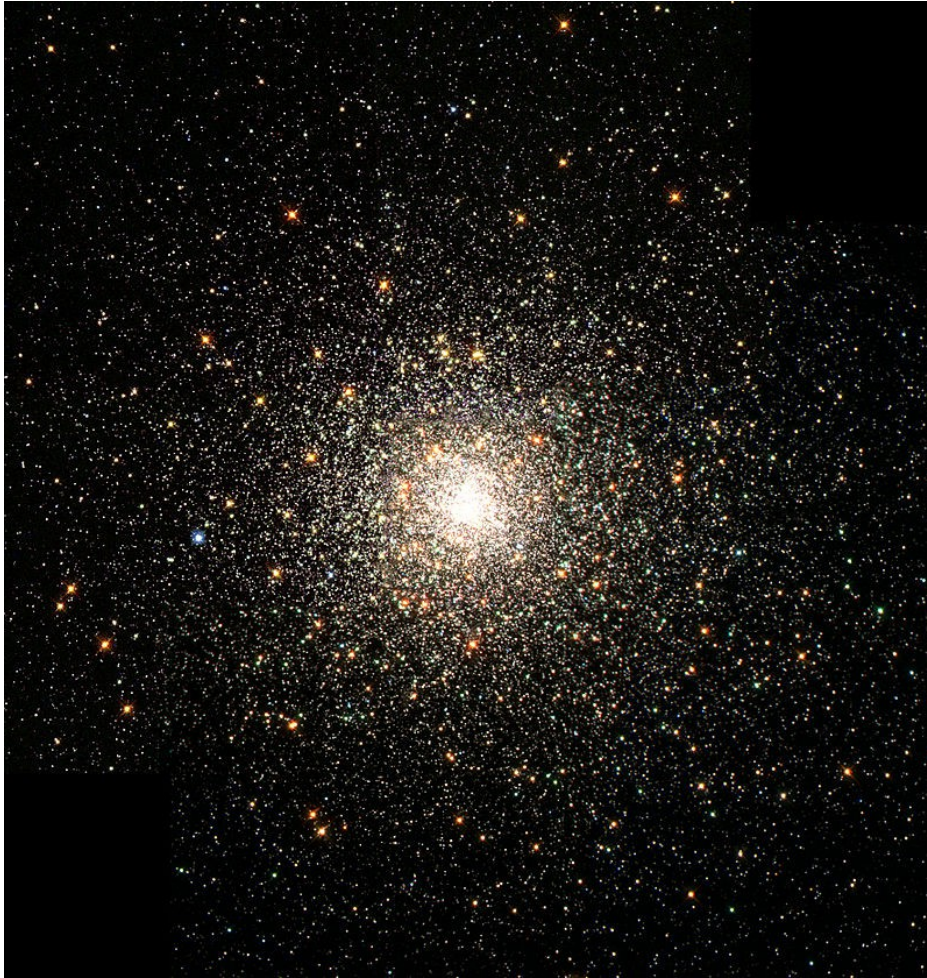
# Galaxias



- Conjunto de nubes de gas, polvo y estrellas que se mantienen unidos por su propia gravedad



# Cumulo Globular M80



- Agrupación de 100000 a 1000000 de “estrellas viejas”
- Es aproximadamente esférico
- Típicamente color dorado



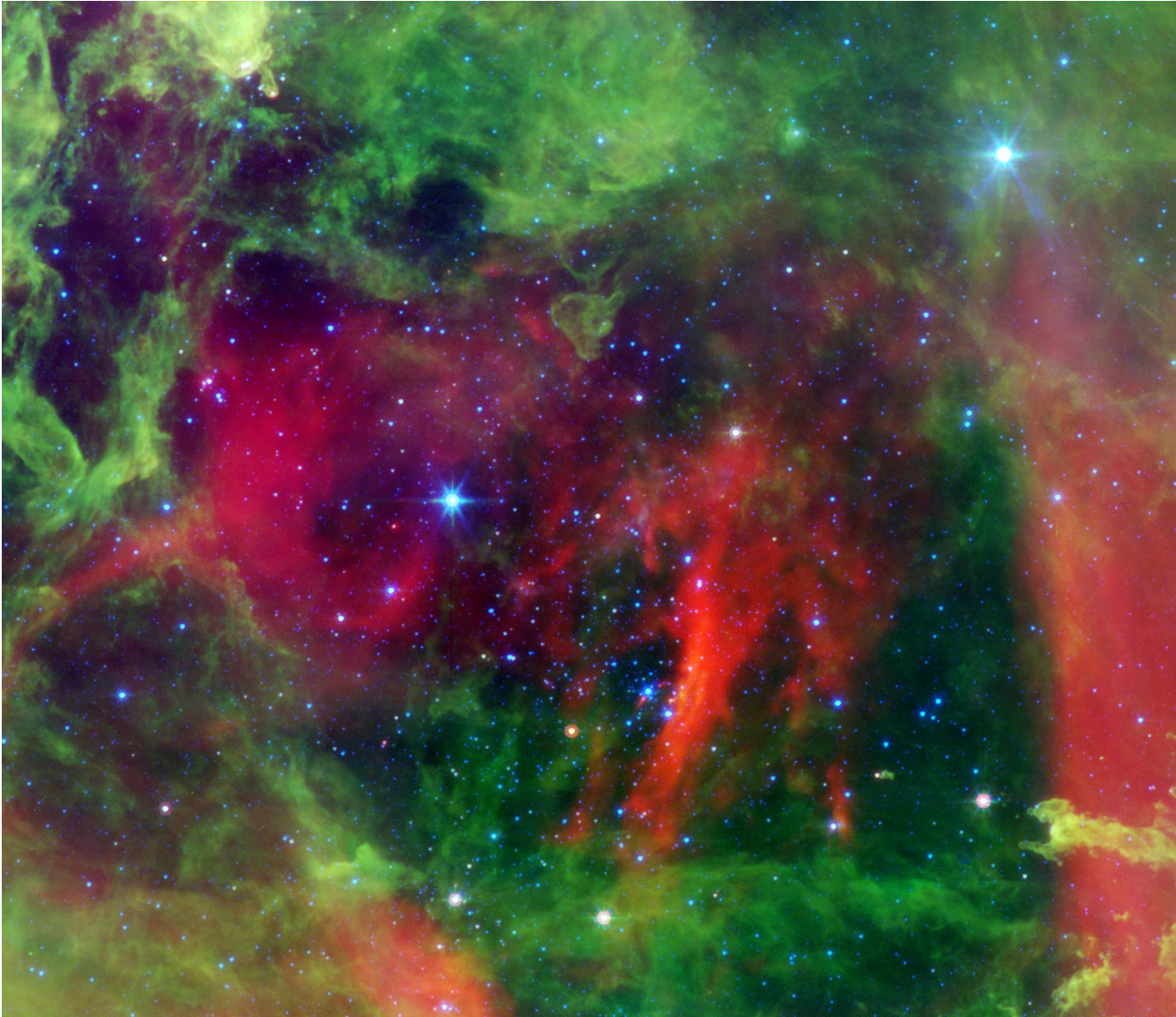
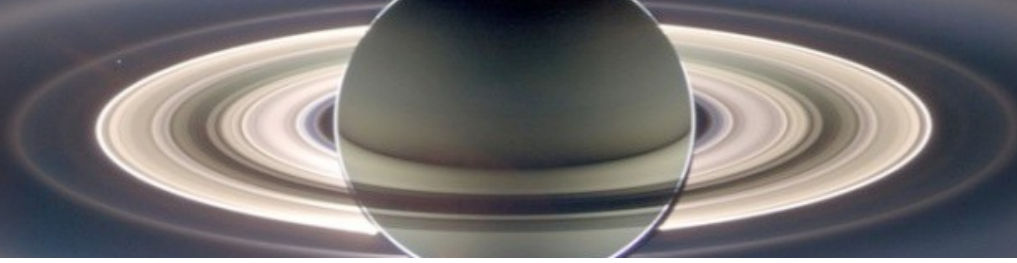
# Cúmulo Abierto M11



- Grupos de estrellas formadas a partir de la misma nube molecular
- Estrellas Jóvenes, Masivas y muy calientes
- Tamaño: 30 años luz



# NGC 2244





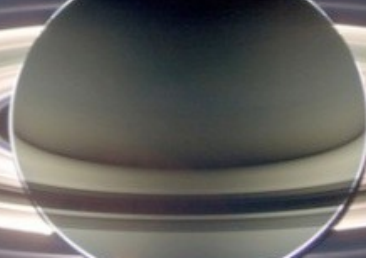
# New General Catalog (NGC)



- Nuevo Catálogo General (de Nebulosas y Cúmulos de estrellas)
  - Compilado en 1880 por Johan Dreyer
  - Observaciones de Herschel
- Contiene 7840 objetos difusos

<http://spider.seds.org/ngc/ngc.html>

# Miremos al cielo...





# Miremos al cielo... en el Norte!





# Miremos al cielo... en el Sur!





# Miremos al cielo... en el Ecuador!





# Miremos al cielo... en el Ecuador!

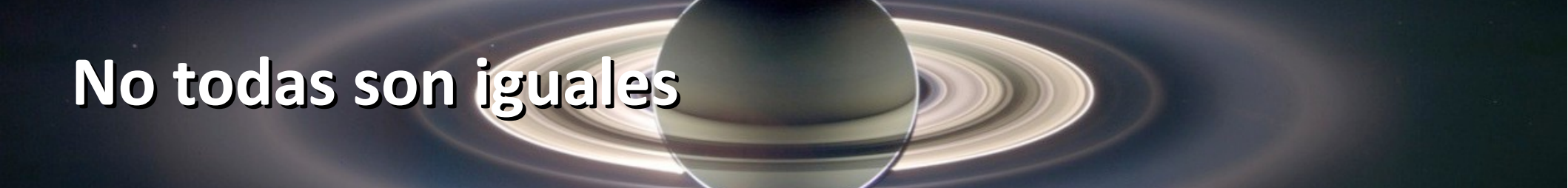




# Miremos al cielo... en el Ecuador!



# No todas son iguales



- Estado de evolución (edad)
- Temperatura
- Constitución inicial
- Masa
- **Energía emitida por unidad de tiempo: Luminosidad**

$$L = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

- Y además...

**No todas están a la misma distancia**



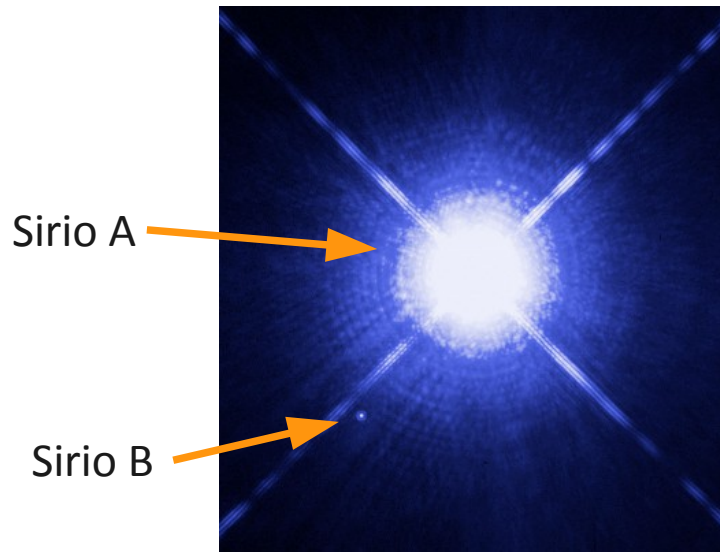
# Dos sistemas binarios

- Sistema Sirio ( $\alpha$ -CMa), 8.6 al

- Binaria (50.1a):  
Sirio A (A1), Sirio B (dA2)

$$M=2 M_{\odot} \quad T=9900\text{K}$$

$$L=25 L_{\odot} \quad R=1.7R_{\odot}$$

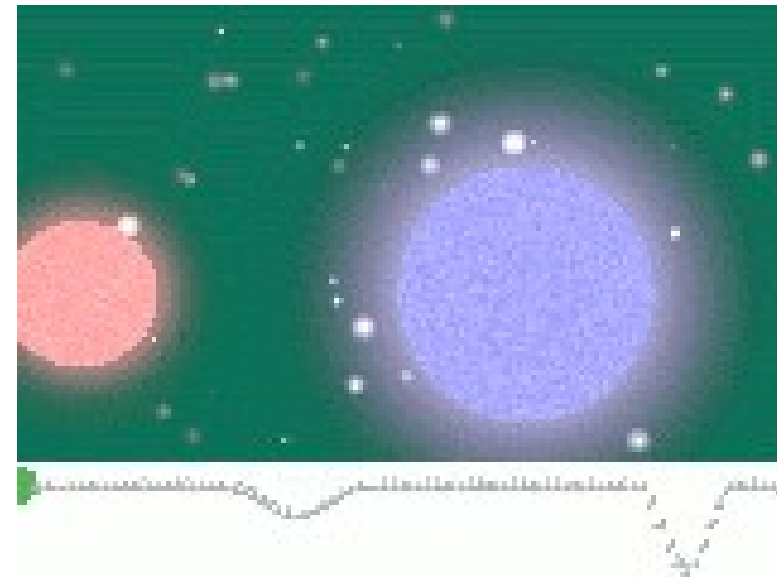
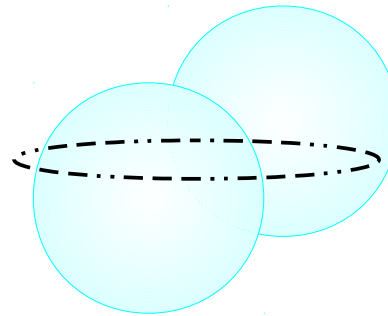


- Sistema Mintaka ( $\delta$ -Ori), 900 al

- Binaria Eclipsante(5.73d): Mintaka A (O9.5) y Mintaka B (B0.5)

$$M=20M_{\odot} \quad T=33000\text{K}$$

$$L=90000 L_{\odot} \quad R=16R_{\odot}$$





# Sin embargo, en el cielo...

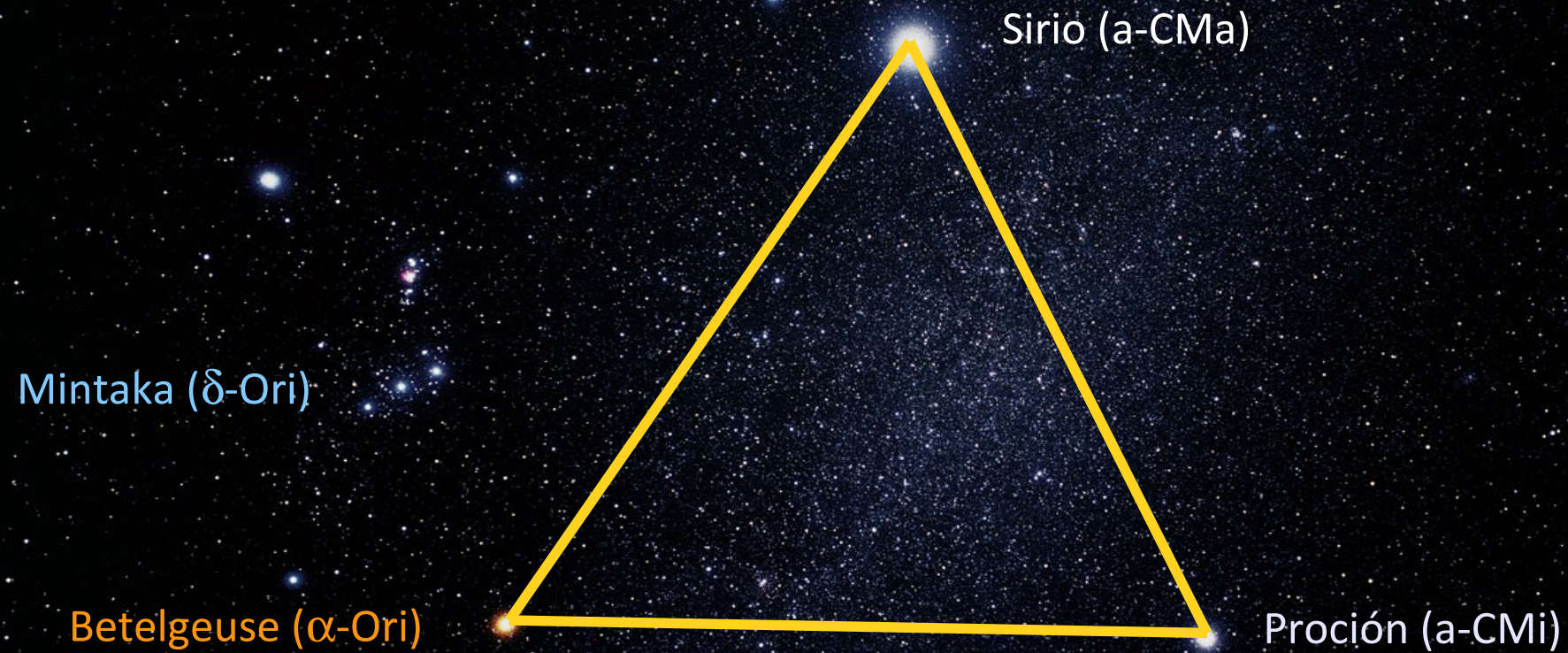
Sirio (α-CMa)

Mintaka (δ-Ori)





# Sin embargo, en el cielo...



# ¿Cuál les parece que es la diferencia?

- Mintaka

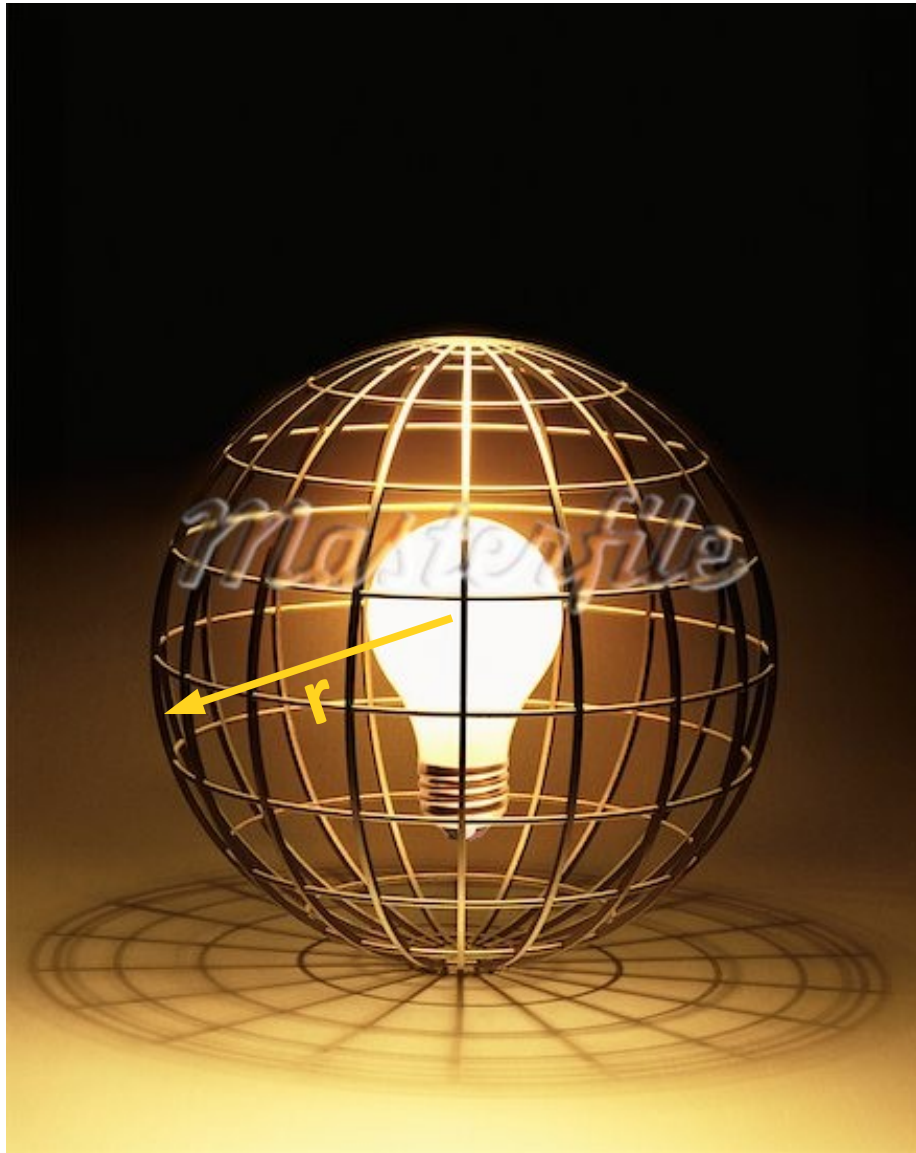
**$(2 \times 900000 L_0 / 25 L_0) \sim 7000$  veces más luminosa que Sirio**

- pero está

**$(900 \text{ al} / 8.6 \text{ al}) \sim 100$  veces más lejos respecto a Sirio**



# Cómo determinar la relación



- El Flujo se define como la cantidad de energía por unidad de tiempo por unidad de área:

$$F \equiv \frac{\Delta E}{A(\Delta t)} = \frac{L}{A}$$

- El área de una esfera es

$$A = 4\pi r^2$$

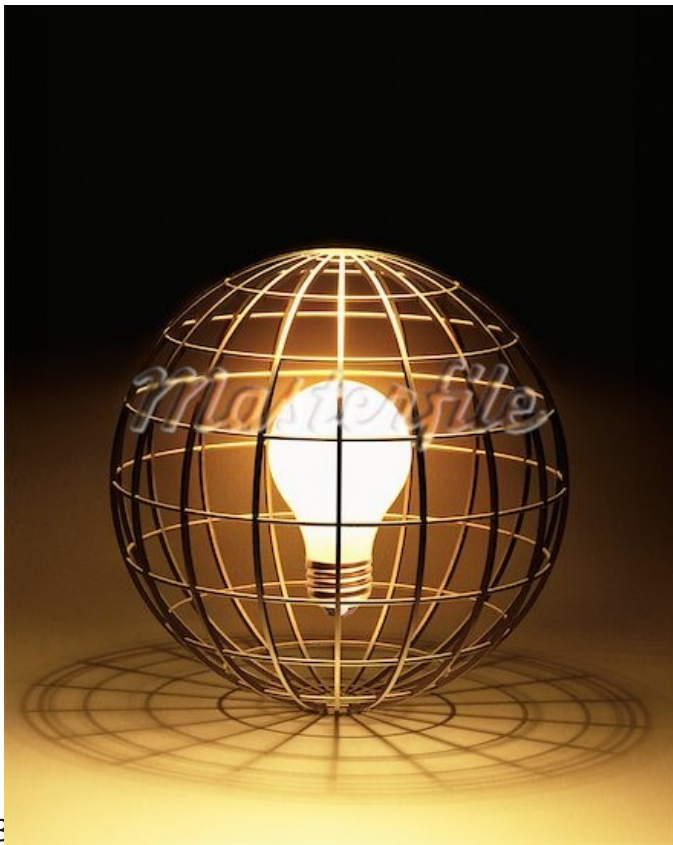
- Entonces

$$\Rightarrow F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

# Constante solar

- Determine el flujo de energía solar sobre la superficie terrestre

Datos:  $L=3.84 \times 10^{26}$  J/s,  $r=1,5 \times 10^{11}$  m



$$\Rightarrow F = \frac{L}{4 \pi r^2} = 1358 \text{ W m}^{-2}$$



# Flujo → Brillo



- El **flujo de energía en la banda visible** determina el **brillo visual del objeto**
- La sensibilidad del ojo es un concepto **subjetivo**
- Más brillante, igual de brillante, menos brillante ¿?

# Magnitud aparente



- **Magnitud aparente (m)**
- **Brillo (b) de un cuerpo “visto” desde La Tierra**
- Hiparco de Nicea (190AC-120AC) ← Ptolomeo:  
Clasificó las estrellas en seis magnitudes:  
Magnitud **1**: Top 20, Magnitud **6**: Apenas visibles
- **Norman Pogson (1829-1891):**
  - Una estrella  $m=1(m_1)$  es 100 veces más brillante que una  $m=6(m_6)$

$$\frac{b_1}{b_6} = 100$$

- **¿Cómo se relacionan entre sí?**



# Relación entre magnitudes

- Conviene usar un factor uniforme  $k$ :

$$\frac{b_1}{b_6} = 100 \rightarrow \frac{b_1}{b_2} = k, \frac{b_2}{b_3} = k, \dots \rightarrow b_1 = k b_2, b_2 = k b_3 \dots$$

- Entonces,

$$b_1 = (k k k k k) b_6 \rightarrow \frac{b_1}{b_6} = k^5$$

Finalmente,

$$k^5 = 100 \rightarrow k = \sqrt[5]{100} = 2.51189 \rightarrow k \simeq 2.5$$

Una estrella de brillo  $b_1$  es  
dos veces y media más brillante  
que una estrella de magnitud  $b_2$

$$b_i \simeq 2.5 b_{i-1}$$

# Relación entre brillo y magnitud

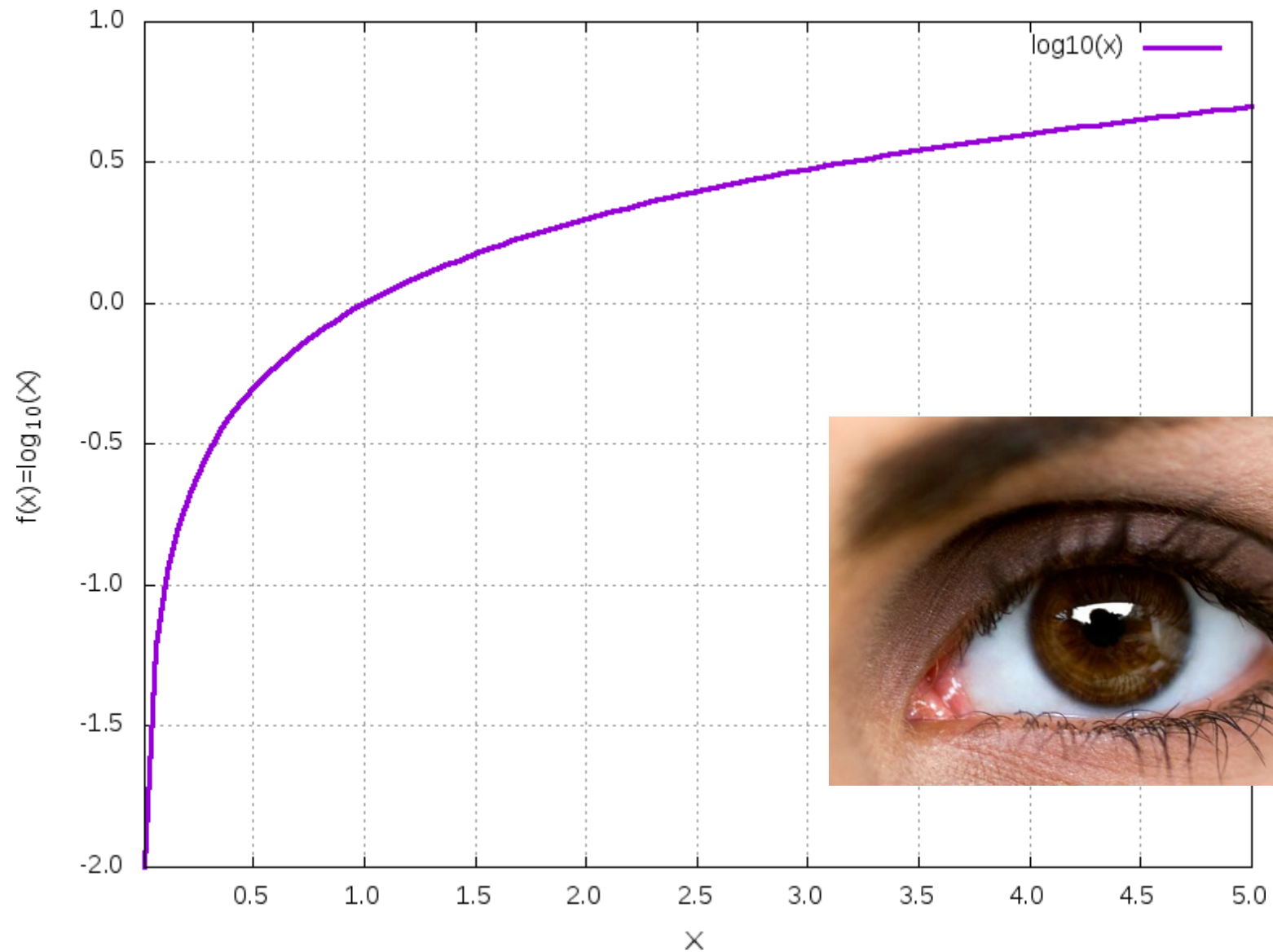
- Ahora
  - a la estrella con brillo  $b_1$  le asignamos magnitud  $m_1$
  - a la estrella con brillo  $b_2$  le asignamos magnitud  $m_2$
- ¿Cómo se relaciona el factor de brillo con la diferencia en magnitudes?

$$\text{¿ } (m_1 - m_2) \leftrightarrow b_1/b_2 \text{?}$$

- La respuesta del ojo es logarítmica:



# Logaritmo base 10: $f(x) = \log_{10}(x)$



# Relación entre brillo y magnitud

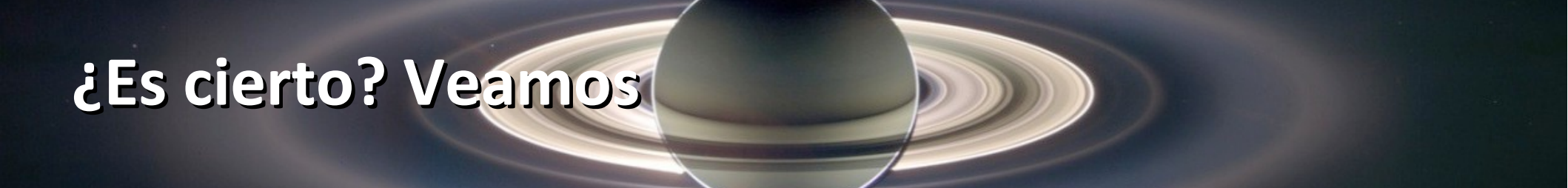
- Proponemos

$$\left(\frac{b_1}{b_2}\right) = 2.5 \rightarrow \left(\frac{b_i}{b_j}\right) = 2.5^{(m_j - m_i)}$$

- Si,  $m_i = m_j \rightarrow m_i - m_j = 0 \rightarrow b_i = b_j$
- Si,  $m_i = m_j + 1 \rightarrow m_i - m_j = 1 \rightarrow b_i = 2.5 b_j$
- Si,  $m_i = m_j - 1 \rightarrow m_i - m_j = -1 \rightarrow b_i = b_j / 2.5$
- Despejando, se puede verificar que:

$$\left(\frac{b_i}{b_j}\right) = 2.5^{(m_j - m_i)} \rightarrow (m_i - m_j) = -2.5 \log_{10} \left(\frac{b_i}{b_j}\right)$$





¿Es cierto? Veamos

Supongamos dos estrellas,  $m_i = 1$  y  $m_j = 6$

$$m_i - m_j = -2.5 \log_{10}(b_i/b_j)$$

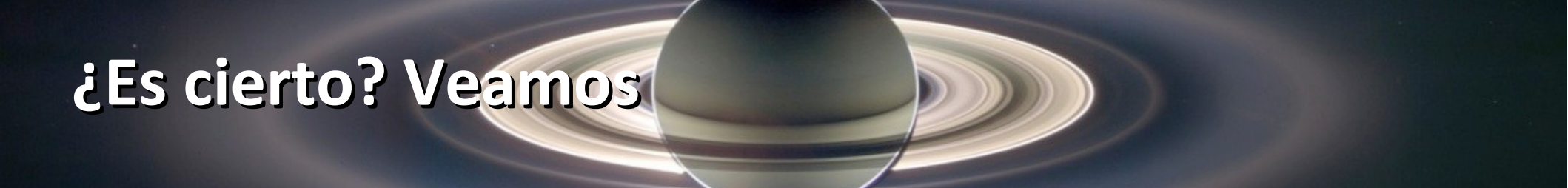
$$\rightarrow -5 = -2.5 \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$(-5/-2.5) = \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$2 = \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$10^2 = b_i/b_j$$

$$b_i = 100 b_j$$



¿Es cierto? Veamos

Supongamos dos estrellas,  $m_i = 1$  y  $m_j = 6$

$$m_i - m_j = -2.5 \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$\rightarrow -5 = -2.5 \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$(-5/-2.5) = \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$2 = \log_{10}(b_i/b_j)$$

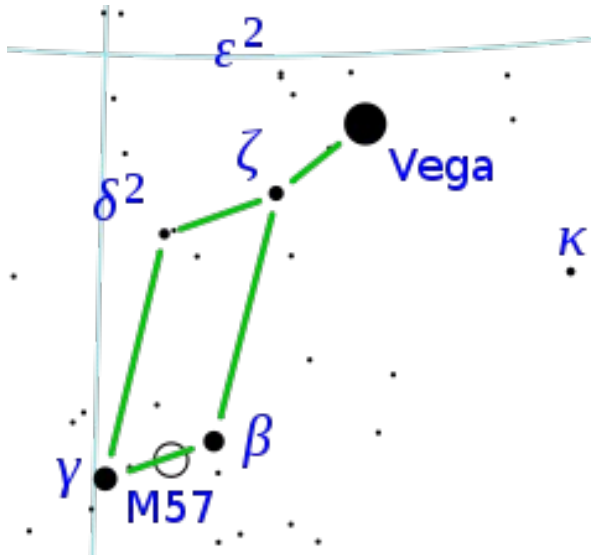
$$10^2 = b_i/b_j$$

$$b_i = 100 b_j$$

**La estrella i es 100 veces más brillante  
que la estrella j**



# Cuando comparamos necesitamos referencias



- La escala de magnitudes es **comparativa**
- Es necesario establecer una referencia (brillo)
- **Referencia de magnitud: Estrella Vega ( $\alpha$ Lyr),  $m=0$**
- Vega, A0, blanca

# Escala moderna



- 26.73 Sol (449000 veces la Luna)**
- 12.6 Luna llena
- 6.0 Supernova del Cangrejo (SN 1054)
- 4.7 Venus (máximo)
- 3.0 Marte (máximo)
- 1.47 Sirio (estrella más brillante)
- 0.7 Canopus (2da estrella)
- 0 Vega (definición moderna)**
- +3 Estrellas más débiles en una ciudad
- +4.6 Ganímedes (Luna de Júpiter)
- +6 límite de visibilidad del ojo
- +30 estrellas más débiles observadas (Telescopio espacial Hubble)





# Pero... “no todas están a la misma distancia”

- El brillo se relaciona con el flujo, y el flujo es
  - Proporcional a la luminosidad
  - Inversamente proporcional a la distancia al cuadrado
- ¿Cómo cambia la magnitud aparente de una estrella si multiplico por 10 su distancia?

# Pero... “no todas están a la misma distancia”

- Decuplicar distancia: flujo  $\rightarrow$  flujo/100 y brillo  $\rightarrow$  brillo/100

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{nueva}}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{vieja}/100}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{1}{100} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \times (-2)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = 5$$

$$m_{nueva} = m_{vieja} + 5$$



# Pero... “no todas están a la misma distancia”

- Decuplicar distancia: flujo  $\rightarrow$  flujo/100 y brillo  $\rightarrow$  brillo/100

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{nueva}}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{vieja}/100}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{1}{100} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \times (-2)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = 5$$

$$m_{nueva} = m_{vieja} + 5$$

Si aumento 10 veces la distancia de una estrella, su brillo disminuye 100 veces, y su magnitud aumenta en 5  
Si era  $m=1$ , pasa a  $m=6$

# Magnitud absoluta



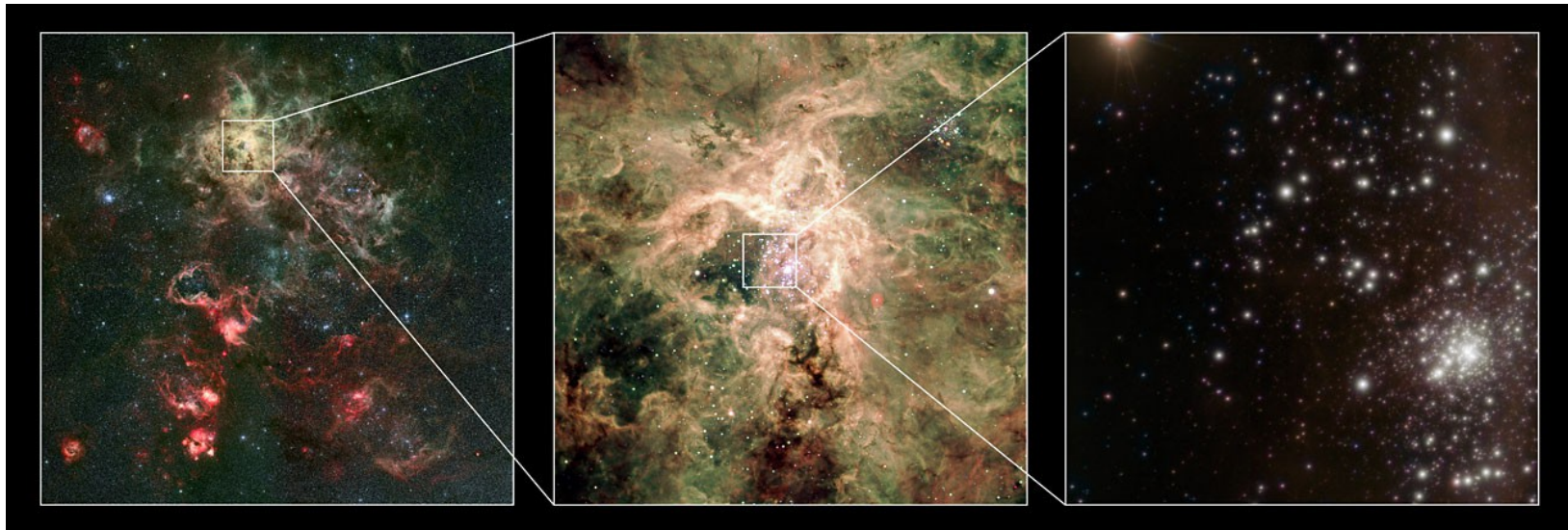
- **Magnitud absoluta  $M$** , es la magnitud aparente que tendría una estrella si su distancia fuera de 10pc
- Relación con la magnitud aparente  $m$  y la distancia  $d$ : (medida en parsecs):

$$M = m - 5 \left( \log_{10}(d) - 1 \right)$$

- P.ej.: Si  $d=10$  pc,  $M = m - 5 [1 - 1] = m - 5(0) = m$
- Magnitudes absolutas y aparentes:
  - Sol:  $m=-26.73$ ,  $M=4.75$
  - Mintaka ( $\delta$ Ori):  $m=2.4$ ,  $M=-4.84$
  - Sirio (aCMa):  $m=-1.45$ ,  $M=1.44$

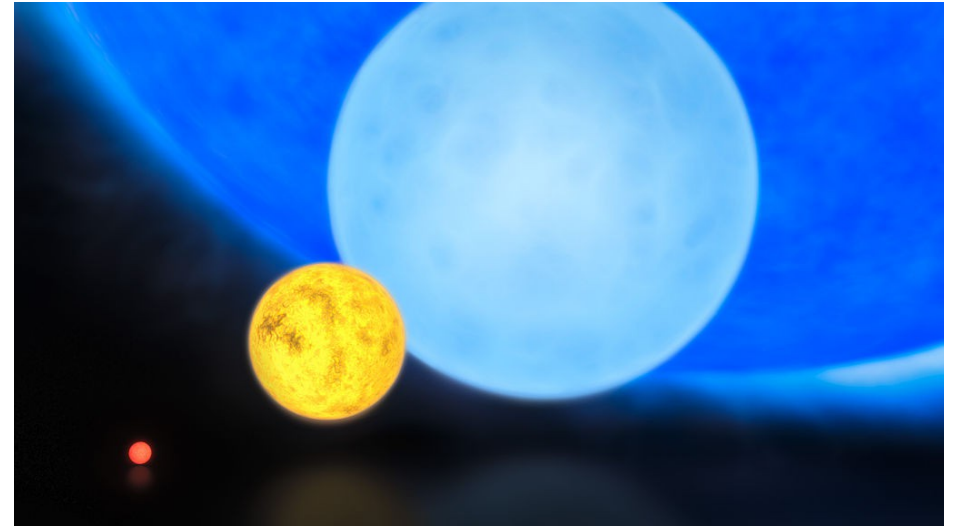
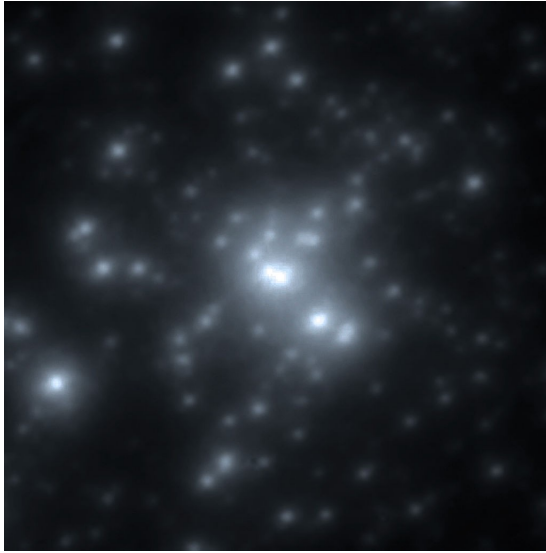
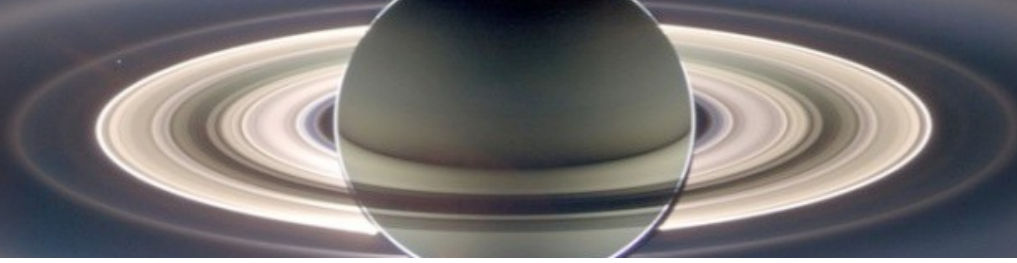
# La estrella más brillante

- R136a1 es la estrella más masiva y brillante conocida
  - Masa  $\sim 265$  Masas solares
  - Luminosidad  $\sim 8.7$  millones de luminosidades solares
  - Forma parte del supercúmulo estelar 30 Doradus (Nebulosa Tarántula)
  - Se encuentra en la Gran Nube de Magallanes, a 165000 al ( $\sim 50000$  pc)





# R136a1



- $m=12.28$ ,  $M= -12.6$
- ¡¡Si  $d=10$  pc (32.6 al) brillaría tanto como la Luna llena!!
- Las más brillantes  
[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_most\\_luminous\\_known\\_stars](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_most_luminous_known_stars)