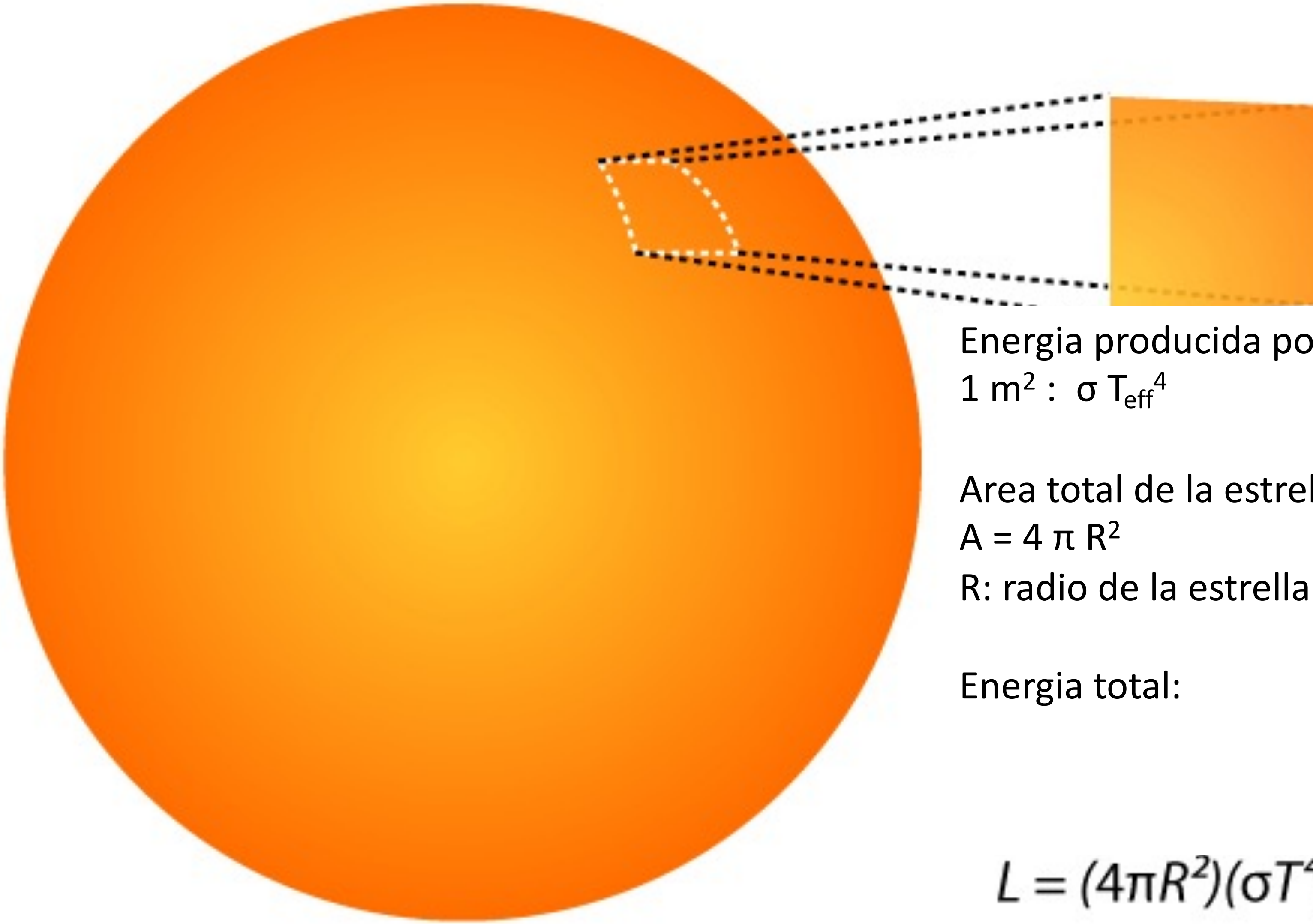
51 - Magnitudines

Luminosidad – la energia total radiada por una estrella al espacio.



Energia producida por 1 m^2 : σT_{eff}^4

Area total de la estrella:
$A = 4 \pi R^2$
R: radio de la estrella

Energia total:

$$L = (4\pi R^2)(\sigma T^4)$$

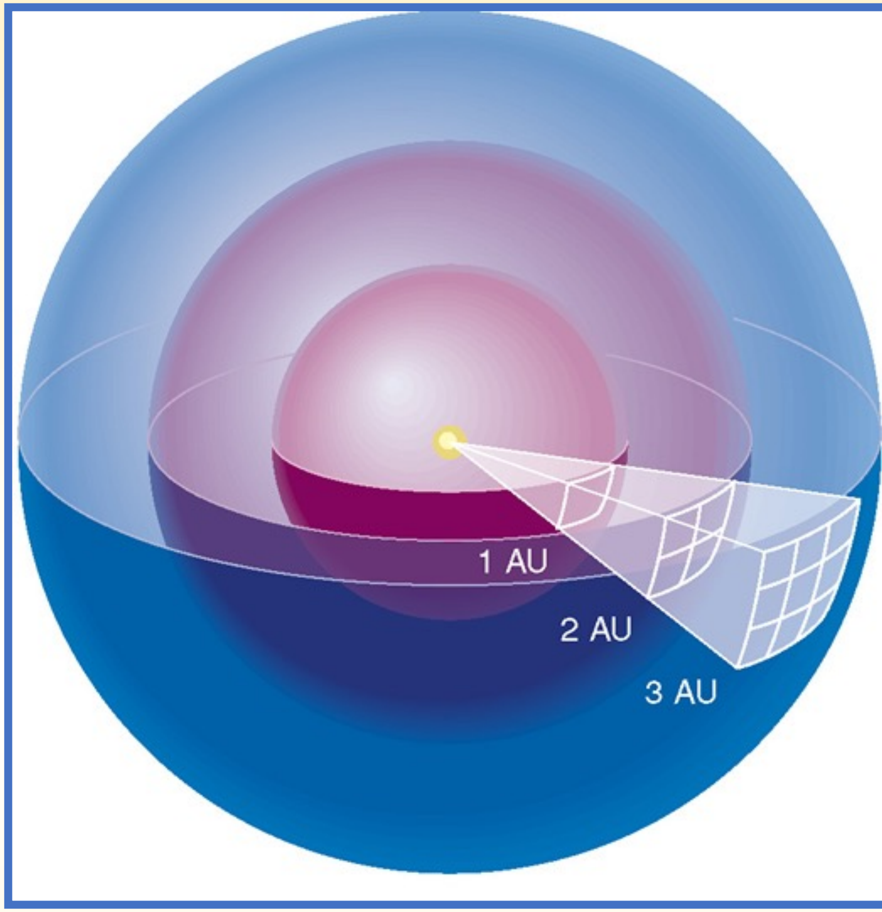
Brillo Aparente

El brillo aparente F se refiere a la cantidad de luz de una estrella que llega a nosostros.

Cuanto más lejos está una estrella, más débil nos parece.

Cuánto más débil se vuelve obedece una ley del cuadrado inverso.

Disminuye su brillo aparente como la distancia^2.



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

El brillo aparente de una estrella depende de dos cosas:

- ¿Cuánta luz emite?:

  luminosidad (L) vatios [W]

- ¿A qué distancia se encuentra?:

  la distancia (d) metros [m]

Entonces tenemos que medir las distancias hacia las estrellas!

El brillo de las estrellas

Los astrónomos siguen utilizando un método antiguo para medir el brillo estelar que fue propuesto por el astrónomo griego Hiparco (190 a 120 aC):

Escala de Magnitud

- Esta escala va al revés:
- Cuanto mayor sea el número, más débil es la estrella
- Estrellas más brillantes son # 1, las siguientes más brillantes son # 2, etc. hasta # 6.

Escala de Magnitud

En astronomia utilisamos la escala de magnitudines para medir el brillo aparente de una estrella.

La escala viene de Hiparco que dicho que hay estrellas de la primer magnitud m = 1 hasta la sexta magnitud m = 6.

Entonces una estrella mas brillante tiene un numero en esta escala mas pequenio y una estrella mas debil tiene un numero mas alto (Ojo: la escala esta al revez!!!).

Hoy en dia sabemos que nuestros ojos ven luz en una escala logaritmica.

Hipparchus (190 BC - 120 BC)

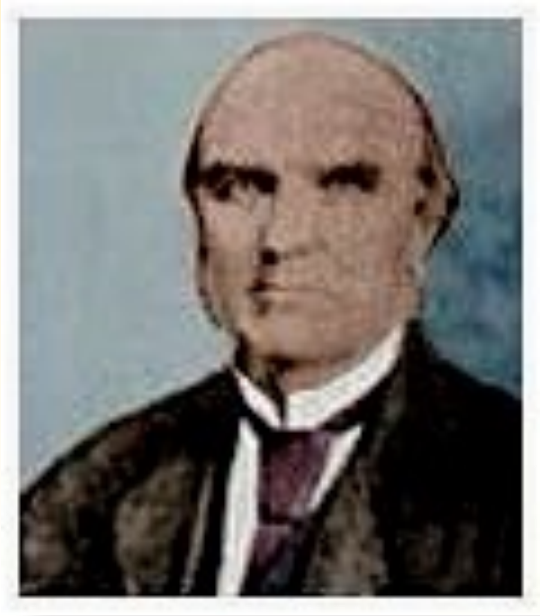
Defined the brightest stars to be of 1st magnitude, slightly fainter stars to be of 2nd magnitude and so on down to the faintest (naked-eye) stars which he defined to be of 6th magnitude.

Ptolemaeus (90 AD - 168)

Used the definition by Hipparchus, publishing a star catalog of 1022 stars in the Almagest.

- Por eso Pogson en 1856 definó:

$$\frac{F_1}{F_6} = 100$$
$$\frac{F_1}{F_2} = 2.512$$



N. R. Pogson (1829 - 1891)

Observed that 1st magnitude stars were roughly 100 times brighter than stars of 6th magnitude. He then defined a 5 magnitude difference to correspond exactly to a brightness ratio of 100:1. A 1 magnitude difference then corresponds to a brightness ratio equal to the fifth root of 100, roughly a factor of 2.512 (the Pogson ratio)

Magnitud aparente m

La magnitud aparente m en la banda x se puede definir como:

$$\boxed{m_x = C - 2.5\log_{10}(F_x)}$$

donde F_x es el flujo observado en la banda x, y C es una constante que depende de las unidades de flujo y de la banda.

$$m_6 - m_1 = 5 = C_X - 2.5\log F_6 - C_x + 2.5\log F_1$$

$$= 2.5 \cdot \left(\log F_1 - \log F_6\right) = 2.5\log\left(\frac{F_1}{F_6}\right)$$

$$= 2.5\log\left(100\right) = 5 \quad \text{q.e.d.}$$

El sistema moderno no se limita a 6 magnitudes.

Los objetos realmente brillantes tienen magnitudes negativas.

Por ejemplo Sirius, la estrella más brillante, tiene una magnitud aparente de -1,44 a -1,46.

La escala moderna incluye a la Luna y al Sol; la Luna tiene una magnitud aparente de -12,6 y el Sol tiene una magnitud aparente de -26,7.

Los telescopios Hubble y Keck han localizado estrellas con magnitudes de +30 (muy debiles).

Escala Magnitud Aparente (M.A.)	
M.A.	**Objeto**
-26.8	Sol
-12.6	Luna Llena
-4.4	Venus
-2.8	Marte
-1.5	Sirio (estrella)
-0.7	Canopus (estrella)
3	Estrellas débiles visibles
6	Estrellas débiles apenas visibles
12.6	Quasar más brillante
30	Objetos más débiles obervables con el Telescopio Espacial Hubble

Diferencia entre dos magnitudes

Tenemos:

$$\boxed{m_A - m_B = -2.5\log\left(\frac{F_A}{F_B}\right)}$$

Pensamos en dos estrellas del mismo tipo ➔ $L_A = L_B$:

$$m_A - m_B = -2.5\log\left(\frac{\frac{L_A}{4\pi d_A^2}}{\frac{L_B}{4\pi d_B^2}}\right)$$

$$m_A - m_B = -2.5\log\left(\frac{d_B^2}{d_A^2}\right) = -5\log\left(\frac{d_B}{d_A}\right) = 5\log\left(\frac{d_A}{d_B}\right)$$

Entonces la diferencia de sus magnitudes aparentes solo depende en las distancias diferentes.

Pensamos en dos estrellas en la misma distancia ➔ $d_A = d_B$:

$$m_A - m_B = -2.5\log\left(\frac{\dfrac{L_A}{4\pi d_A^2}}{\dfrac{L_B}{4\pi d_B^2}}\right)$$

$$m_A - m_B = -2.5\log\left(\frac{L_A}{L_B}\right)$$

Entonces la diferencia de los magnitudes aparentes solo depende de la luminosidad diferente.

Punto de Referencia

Ahora necesitamos un punto de referencia. Utilisamos la estrella Vega que tiene el tipo espectral A0V.

La Vega esta en una distancia de d = 7.68 pc y tiene una luminosidad de $L = 37L_\odot = 1.423 \cdot 10^{28}$ W. Para la Vega tenemos:

$$\left(m_V\right)_{Vega} = 0.0 \text{ mag.} \quad (0.03)$$

$$(U-B)_{Vega} = 0.0$$

$$(B-V)_{Vega} = 0.0$$

Ahora podemos determinar la constante C_V :

$$m_V = 0.0 = C_V - 2.5\log\left(\frac{1.423\cdot 10^{28}}{4\pi\left(7.68\right)^2\left(3.086\right)^2\cdot 10^{32}}\right)$$

$$m_V = 0.0 = C_V - 2.5\log\left(2.016\cdot 10^{-8}\right)$$

$$0.0 = C_V + 19.24 \Rightarrow C_V = -19.24 \text{ mag}$$

Magnitud absoluta M

En astronomía, magnitud absoluta (M) es la magnitud aparente, m, que tendría un objeto si estuviera a una distancia de 10 parsecs (alrededor de 32,616 años luz, o 3×10^{14} kilómetros) en un espacio completamente vacío sin absorción interestelar.

Definamos la Magnitud absoluta M de una estrella como: la magnitud aparente que esta estrella tiene en una distancia fija de $d = 10$ pc.

Para definir la magnitud absoluta es necesario especificar el tipo de radiación electromagnética que está siendo medida.

La magnitud absoluta se deduce generalmente de la magnitud visual medida con un filtro V, expresándose como M_v.

Si está definida para otras longitudes de onda, llevará diferentes subíndices, y si se considera la radiación en todas las longitudes de onda, recibe el nombre de magnitud absoluta bolométrica (M_{bol}).

Modulo de distancia

$$\boxed{\mu = m - M}$$

$$m - M = -5\log\left(\frac{10pc}{d}\right)$$

$$m - M = -5\left(\log 10 - \log d\right)$$

$$m - M = -5 + 5\log d$$

Vemos que la diferencia entre la magnitud aparente y la magnitud absoluta de una estrella solo esta una funcion de la distancia hacia la estrella. Por eso esta diferencia se llama modulo de distancia.

- Eso significa, si sabemos la magnitud absoluta y podemos medir la magnitud aparente conocemos la distancia de un objecto.

$$\boxed{\begin{aligned} &M = m + 5 - 5\log d \\ &d = 10^{0.2(m-M+5)} = 10^{0.2(\mu+5)} \\ &M = m + 5 + 5\log p \end{aligned}}$$

Ejemplos:

- Vega tiene una magnitud aparente de $m_V = 0.03$ mag y una paralaje de $p = 0.129$ arcsec (secundos de arco), entonces tiene una magnitud absoluta de $M_V = 0.58$ mag.
- El Sol tiene una magnitud aparente de $m_V = -26.74$ mag y una paralaje enorme de $p = 206264.806248$ arcsec. La magnitud absoluta del Sol esta $M_{V,\odot} = +4.83$ mag.

Eso dos ejemplos son diferente proque ambas estrellas estan mas cerca a nosotros como 10 pc. Normalmente la magnitud aparente de una estrella es mas larga como su magnitud absoluta (eso significa que el flujo aparente esta menor como su flujo absoluta porque la mayoria de las estrellas tienen distancias mas largas como 10 pc.

Con eso ahora podemos calcular todas las magnitudines absolutas, si sabemos la luminosidad de una estrella:

$$M_{V,*} - M_{V,\odot} = -2.5\log\left(\frac{L_*}{L_\odot}\right)$$

$$M_{V,*} = 4.83 - 2.5\log\left(L_*\left[L_\odot\right]\right)$$