

10: Las Estrellas

Distancia

Brillo

Temperatura

Diagrama Hertzsprung-Russell

Clasificación

Distancias

- ¿Como podemos medir la distancia a las estrellas?
 - Paralajes
 - Comparando brillos de estrellas similares
 - Estrellas variables
 - etc..
- Los Griegos consideraron la idea heliocéntrica; sin embargo, la desecharon ya que no detectaron paralajes de las estrellas cercanas.
 - Durante el periodo de un año las estrellas deberían cambiar de posición por el movimiento de la Tierra alrededor del Sol.
- Tycho Brahe atribuyó la no detección de paralajes al hecho de que las estrellas están muy lejos.

Paralajes Estelares

Paralaje se llama al ángulo p
Paralajes son muy pequeños

$$\frac{1UA}{2\pi d} = \frac{p}{360^\circ}$$

⇓

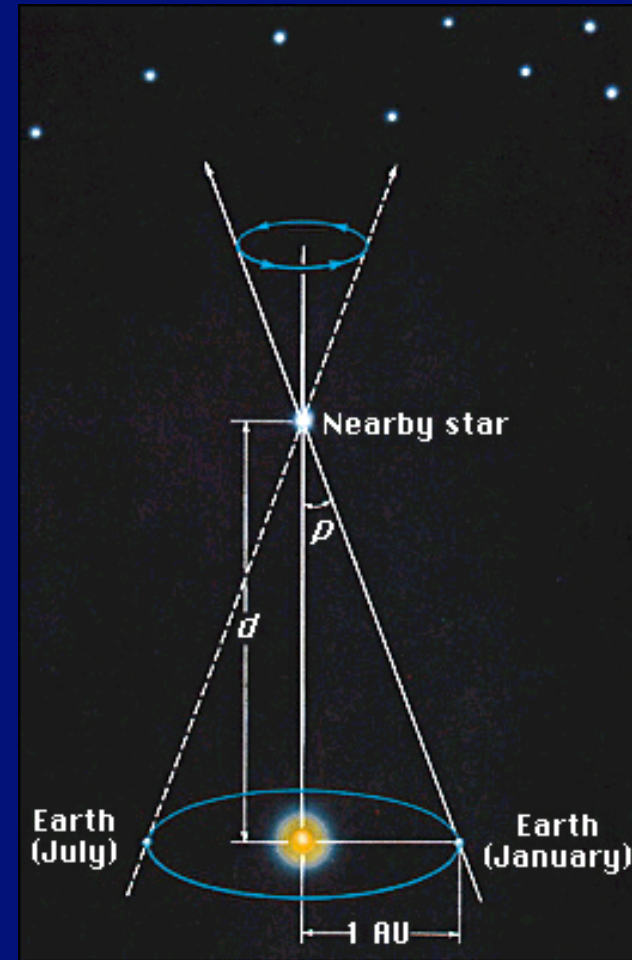
$$d = \frac{360^\circ}{2\pi} \frac{1UA}{p}$$

⇓

$$d = 206,265 \frac{1UA}{p(arc\ sec)}$$

Ejemplo, si $p = 0.77 arc\ sec$ (proxima Cen)

$$d = 206,265 \frac{1}{0.77} = 267,877UA$$



PARSEC

Si una línea de longitud D subtiende un ángulo de p (segundos de arco, arcsec), la distancia r al objeto viene dada por:

$$r = 206,265 \frac{D}{p}$$

Si $D = 1$ UA y $p = 1$ arcsec, entonces la distancia a esa estrella es $206,265$ UA = 1 pársec

(1 pársec = 3.26 al)

La distancia a cualquier estrella, en pársecs, es:

$$r = \frac{1}{p}$$

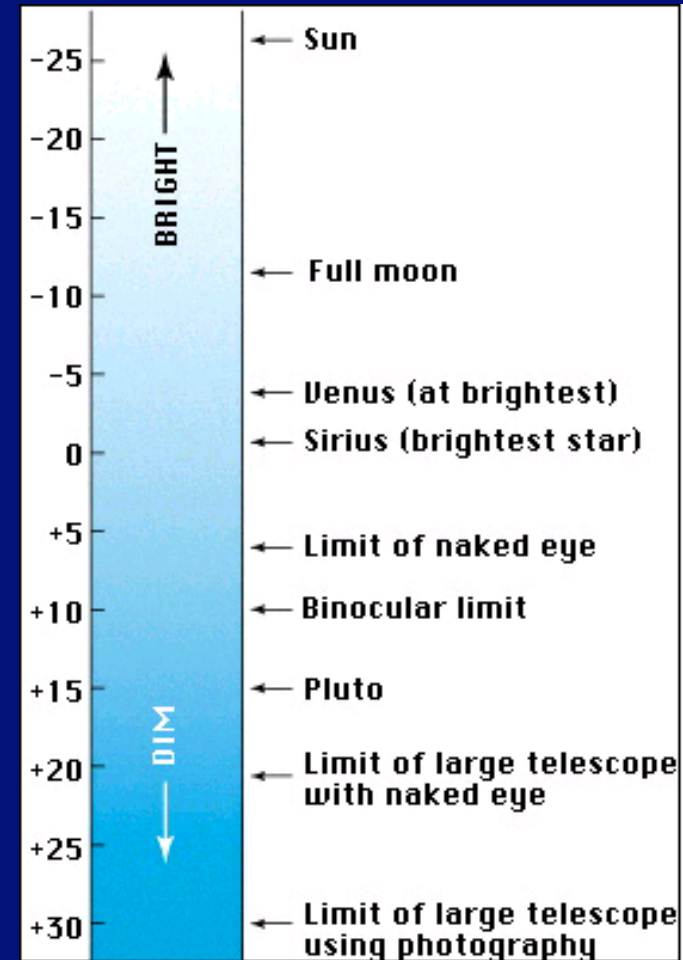
Paralajes de estrellas cercanas

- A mediados del 1800 se pudo medir los primeros paralajes.
 - $P \approx 0.75 \text{ arcsec} \Rightarrow r = 1/0.75 = 1.333 \text{ pc} (\approx 4 \text{ al})$
 - 1 (arcsec es muy chico) = $1/3600$ grado $\Leftarrow$ límite de los telescopios
 - Tamaño de la estrella más cercana
 - Supongamos que el tamaño de la estrella es como el Sol, y el diámetro del Sol es $1.4 \times 10^6 \text{ km}$.
 - Supongamos que su distancia es 1.33 pc o 4 al o 300,000 UA
- $$\frac{1.4 \times 10^6 \text{ km}}{3 \times 10^5 \text{ UA} \cdot 1.5 \times 10^8 \text{ km / UA}} 2 \times 10^5 \text{ arc sec / radian} = 0.006 \text{ arc sec}$$
- Seeing terrestre $\approx 0.5 - 1.0 \text{ arcsec}$ en los mejores telescopios.
- Medida de paralajes es extremadamente difícil
 - Hipparchus obtuvo paralajes de miles de estrellas con precisión de 0.001 arcsec.

Magnitudes Aparentes

- Hipparchus, un siglo antes de Cristo clasificó las estrellas de acuerdo a sus brillos.
- Seis categorías, 1-6 magnitud
- más débil $m=6$
- más brillante $m=1$
- Si l_1 y l_2 son las luminosidades por unidad de área por unidad de tiempo de dos estrella, entonces sus magnitudes aparentes están relacionadas por

$$m_1 - m_2 = 2.5 \log \left(\frac{l_2}{l_1} \right)$$



Magnitudes y Brillos

Diferencia en Magnitud	Razon de Brillo
0.0	1:1
0.5	1.6:1
1.0	2.5:1
1.5	4:1
2.0	6.3:1
3.0	16:1
6.0	251:1
15	1,000,000:1
20.0	100,000,000:1

Magnitud Absoluta

Luminosidad Intrínseca

- ¿Qué magnitud tendría la estrella si la ponemos a una distancia de 10pc?
 - ✓ Ejemplo, el Sol, $m = -26.5$
 - ✓ Usando la ley de $1/d^2$, el Sol nos daría $1/2,062,650^2$ ($1\text{pc} \approx 206,265\text{UA}$) de la luz que nos da ahora.

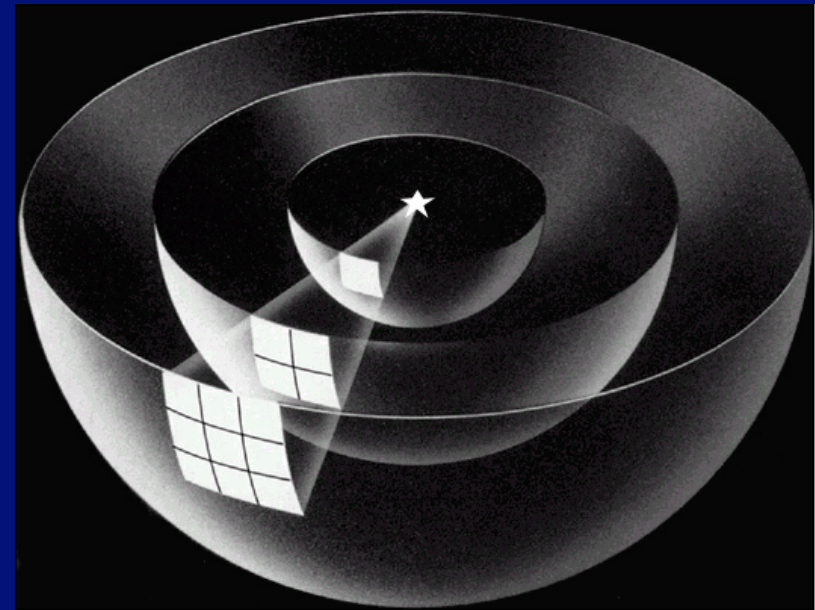
$$m - M = 2.5 \log \left(\frac{1}{2062650^2} \right) = -31.57$$
$$M = 31.57 - 26.5 = 5.07$$

• General

$$m - M = 2.5 \log \left[\frac{l(10)}{l(r)} \right]$$

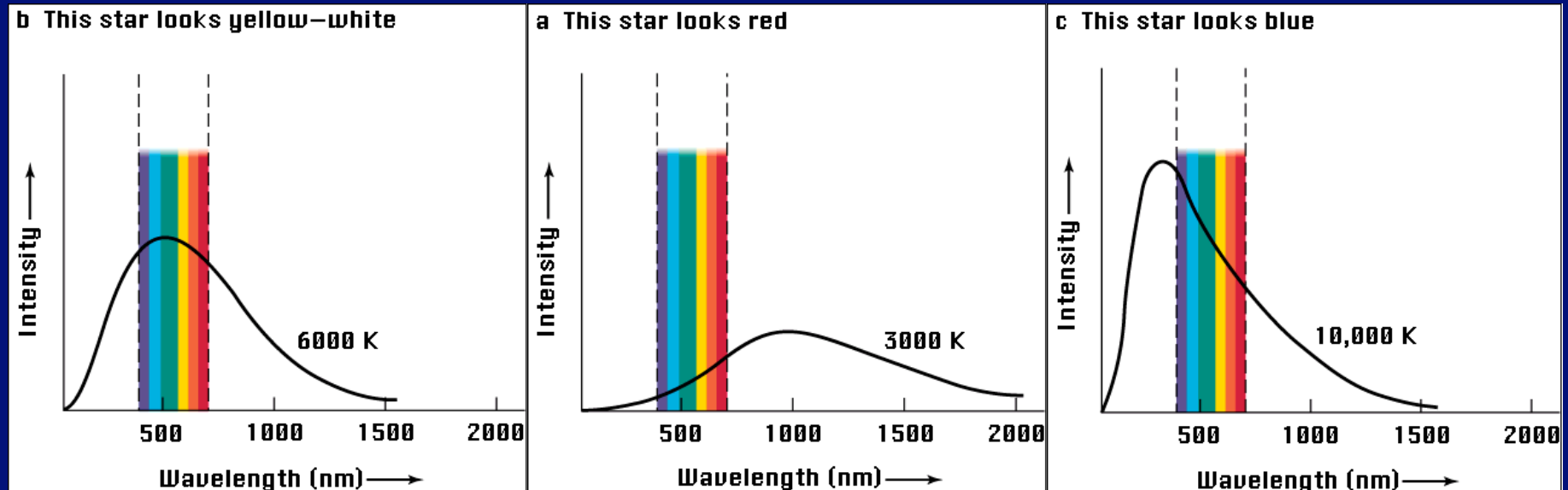
como, $\frac{l(10)}{l(r)} = \left(\frac{r}{10} \right)^2$

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



Módulo de distancia

Temperatura y Colores



- Estrellas tienen distintos **colores**
- Como las estrellas son prácticamente **Cuerpos Negros**, sus colores revelan su Temperatura superficial
- Por ejemplo, una estrella (Sol) con una temperatura superficial de 6000K se ve amarilla-verde

Fotometría

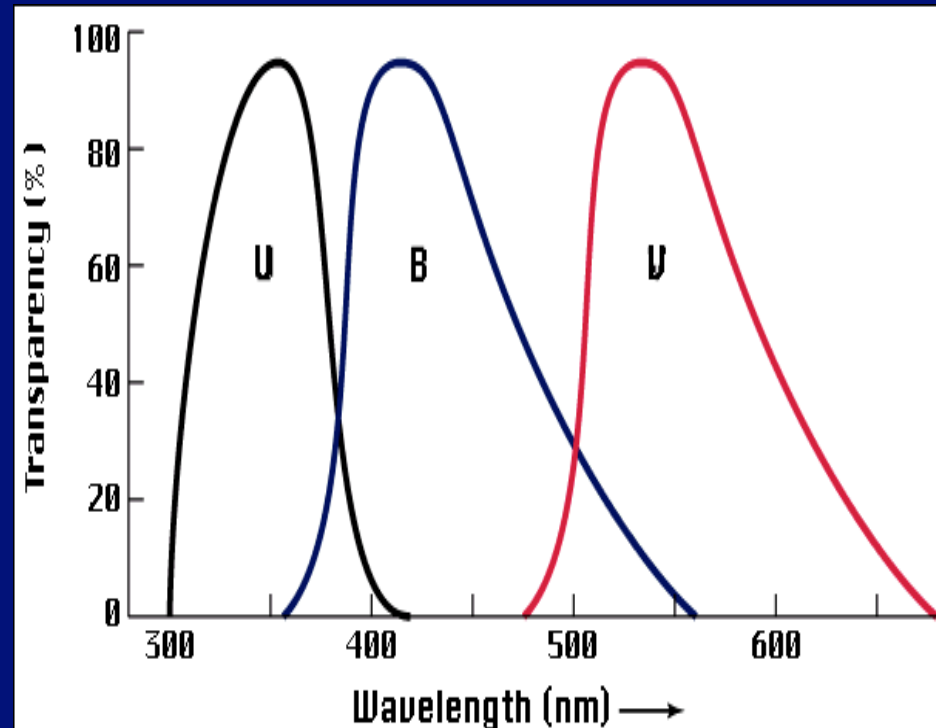
- Medición del flujo de luz en una banda determinada, e.g U,V,B

- **Índice de Color:** Refleja cuanto más brillante o más débil una estrella es en una banda u otra.

$$V = V_o - 2.5 \log(I_V)$$

$$B = B_o - 2.5 \log(I_B)$$

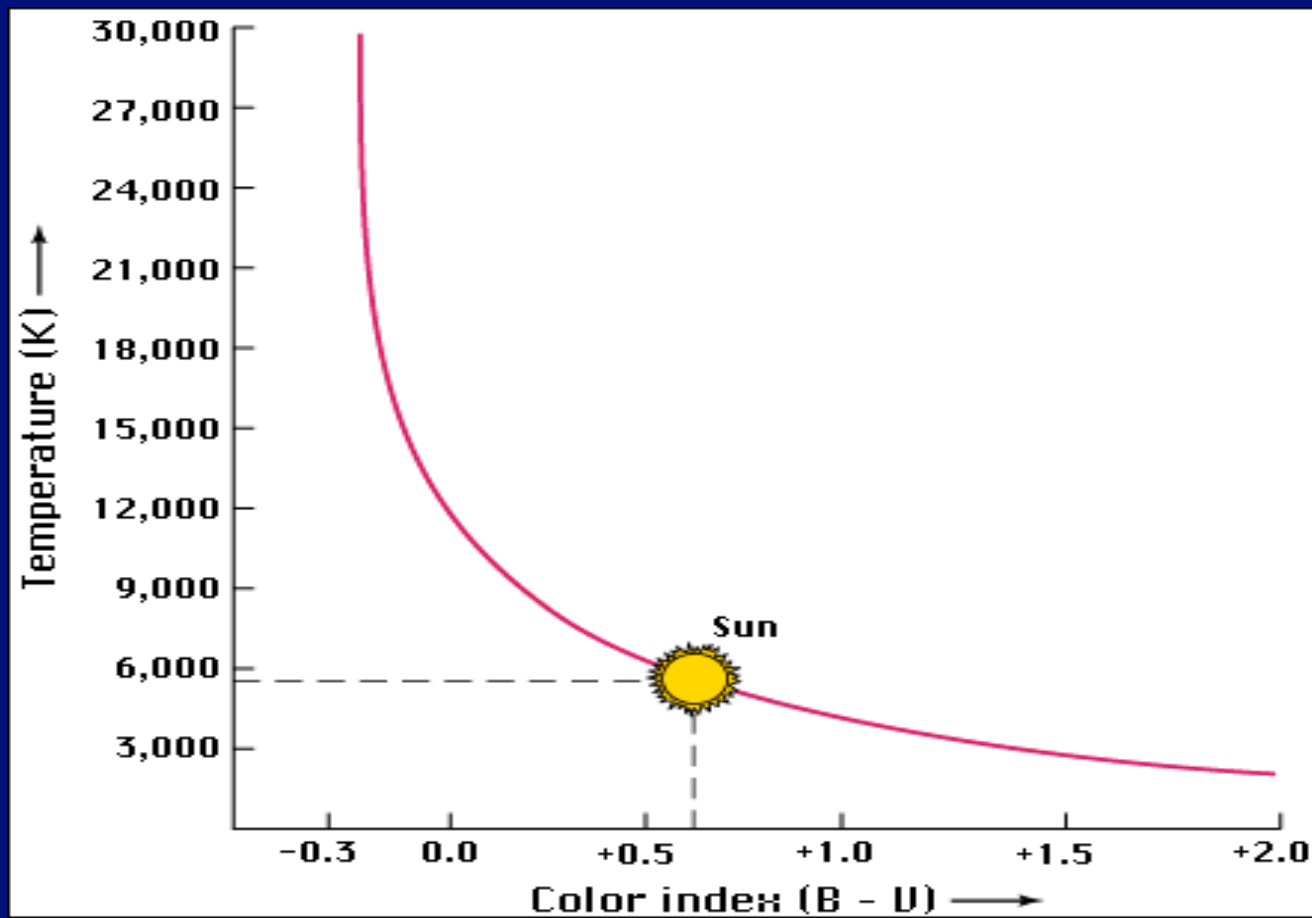
$$B - V = (B_o - V_o) - 2.5 \log(I_B / I_V)$$



- **Sol:** $V = -26.78$, $B = -26.16$, $U = -26.06$, $B - V = 0.62$, $U - B = 0.10$

- **Sirio:** $V = -1.46$, $B = -1.46$, $U = -1.52$, $B - V = 0.00$, $U - B = -0.06$

Índice de Color



Espectros de Estrellas

- La presencia de algunas líneas en el espectro de una estrella indica su temperatura

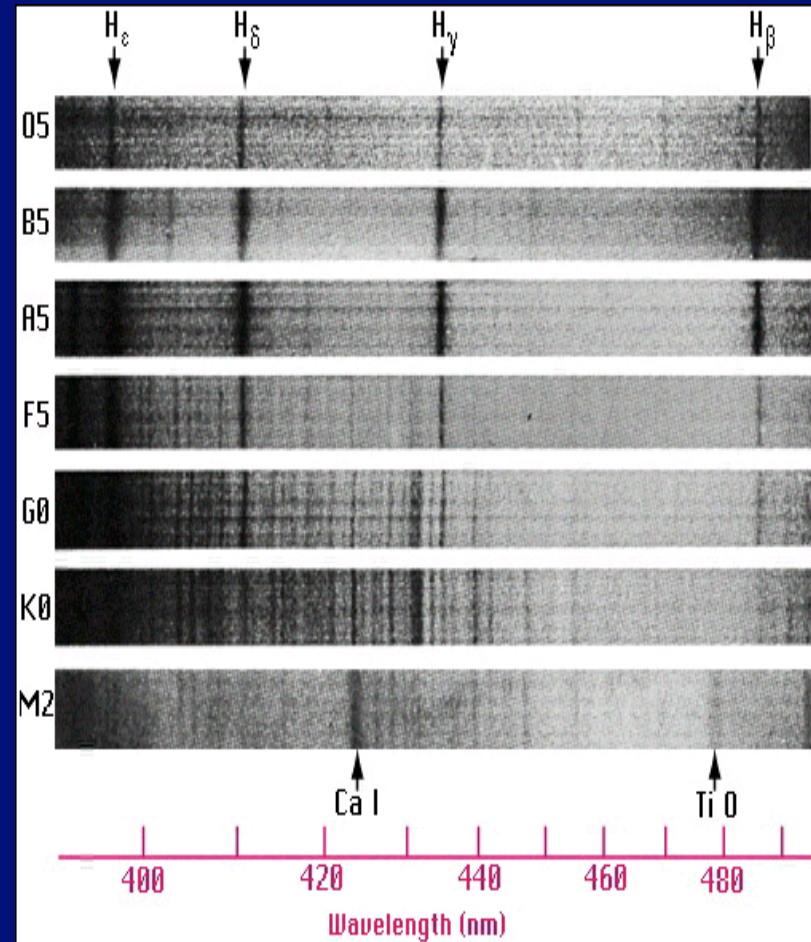
Líneas de hidrógeno (Balmer)

Líneas de Calcio

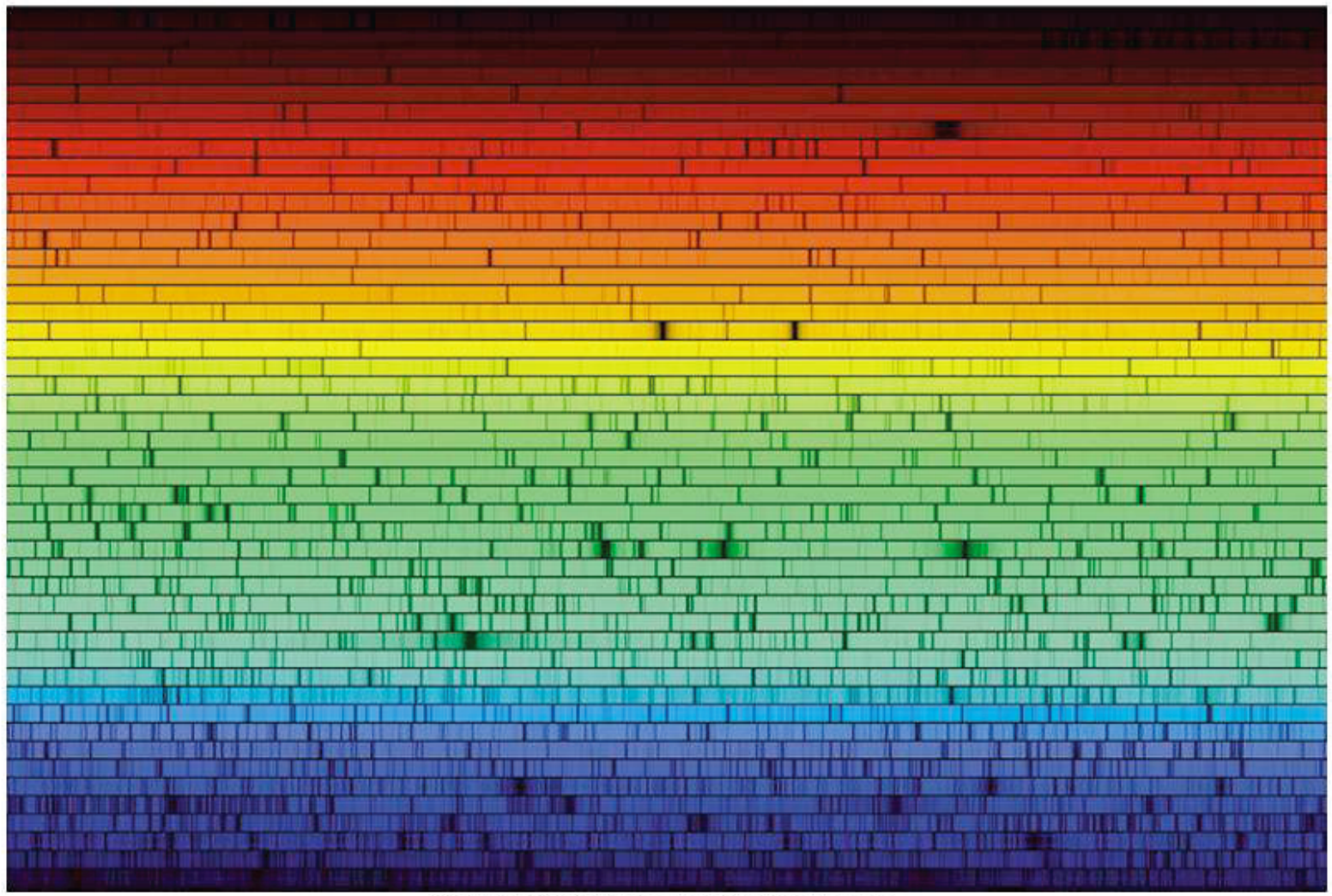
Líneas moleculares, e.g. TiO

- Clasificación

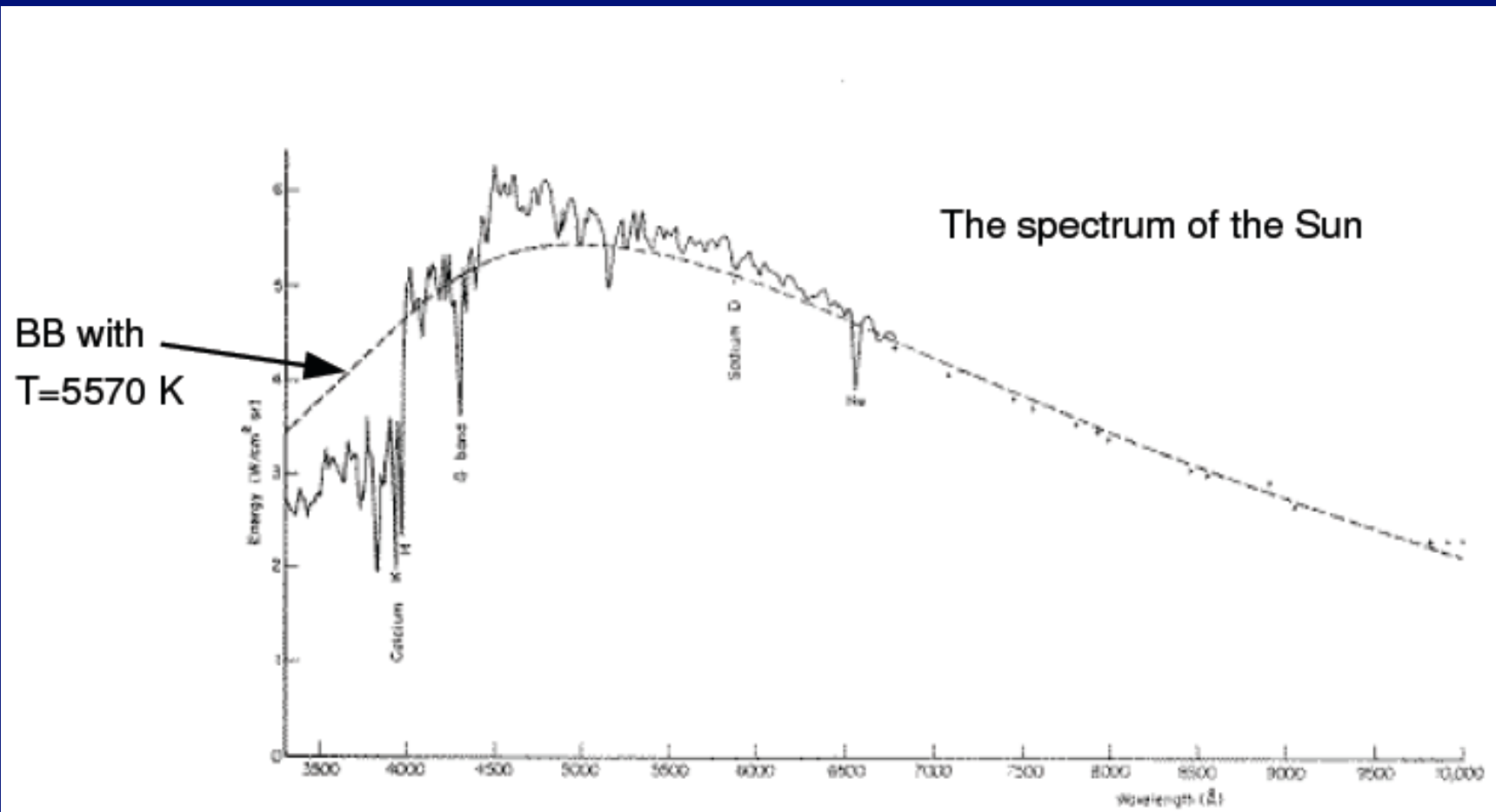
- Finales de 1800 se designo el tipo espectral de acuerdo a la presencia e intensidad de las líneas de hidrógeno (A-P)
- Después de Bohr se entiende que la presencia de una u otra línea depende de la temperatura superficial, T_{eff}



Espectro del Sol: G0V



Espectro del Sol



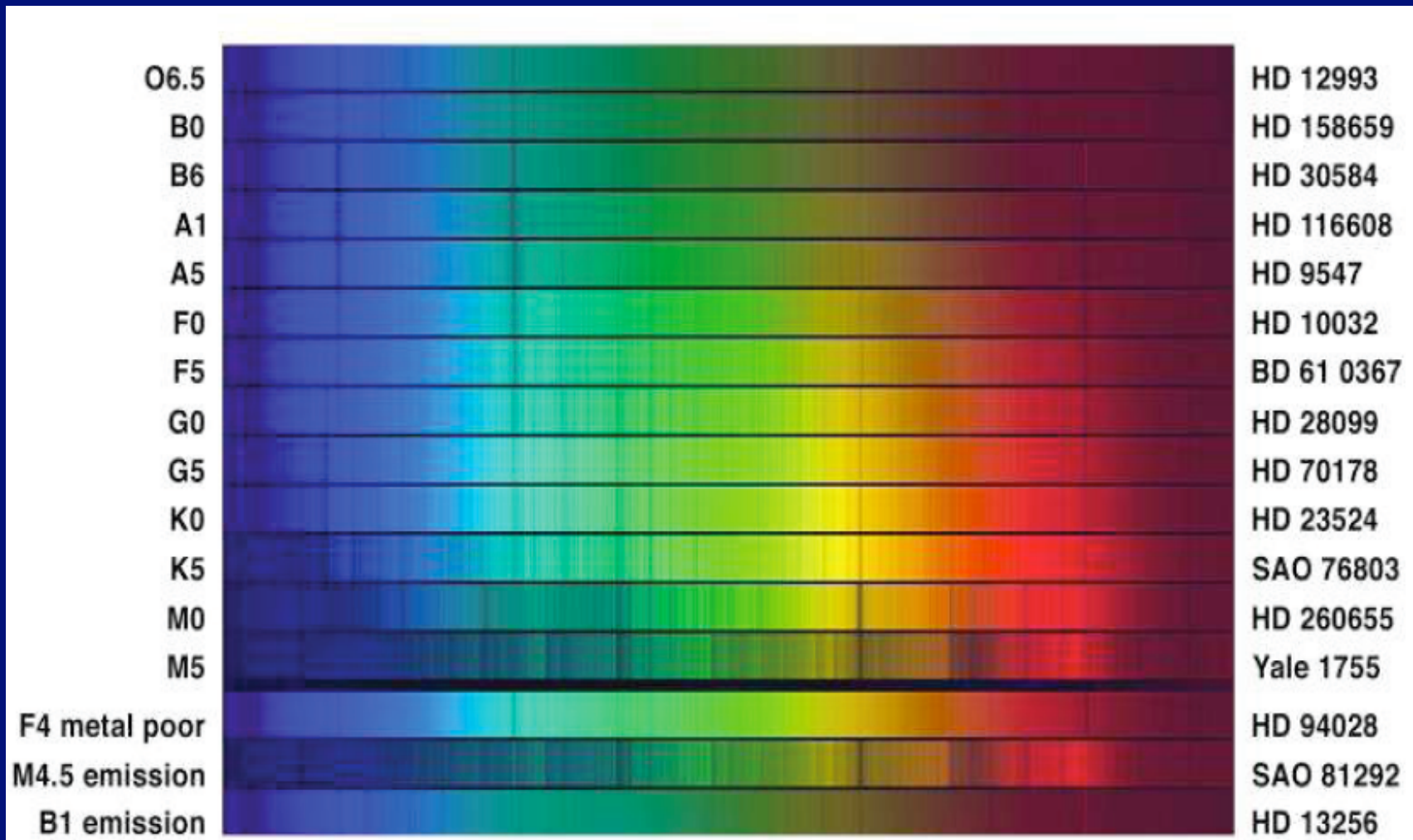
Clasificación Espectral

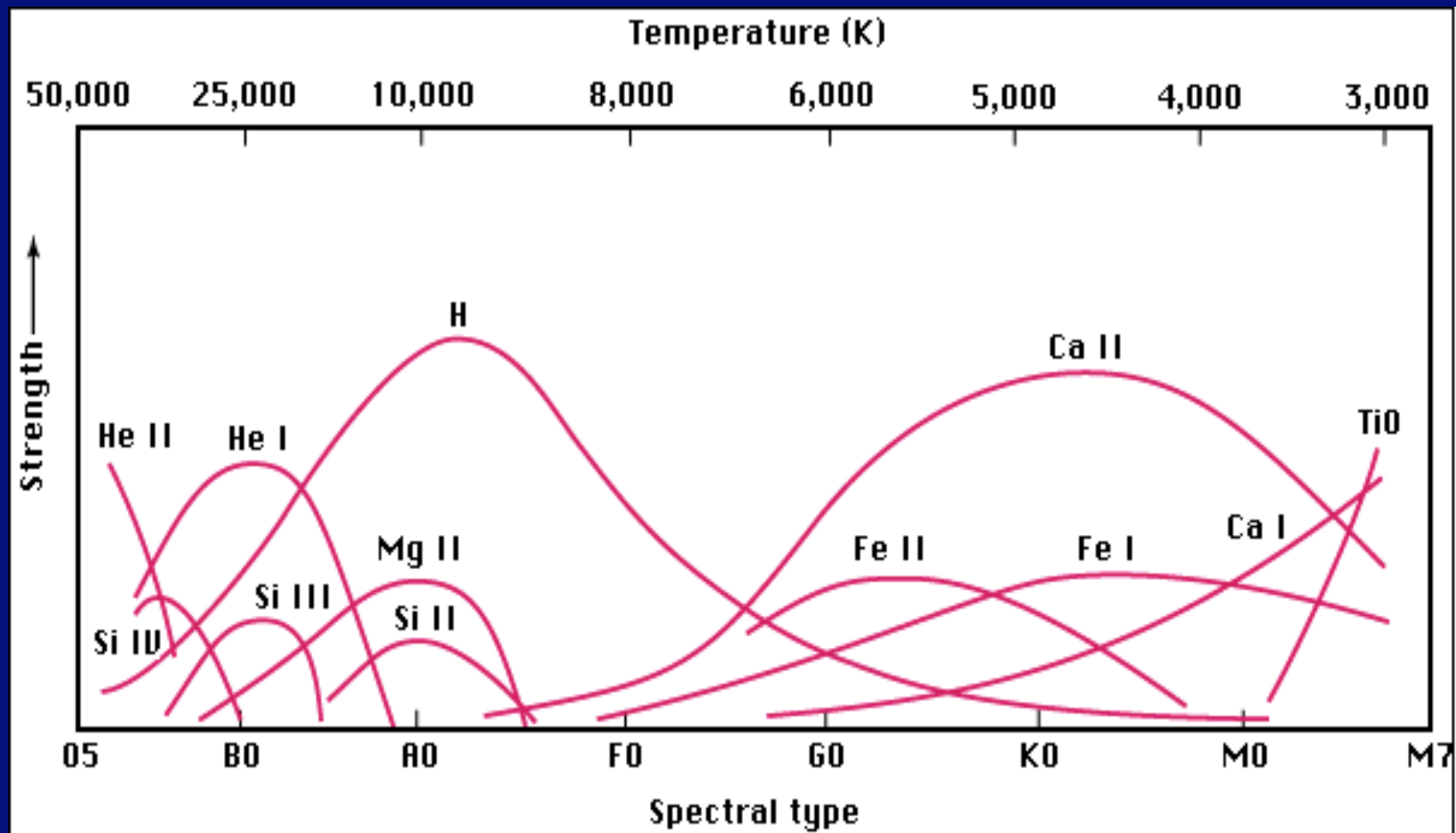
Se puede determinar la temperatura efectiva tanto por los colores como por las intensidades de ciertas líneas espectrales

- ✓ Payne y Saha (1920s) explicaron como el espectro de Balmer se relaciona con la temperatura superficial.
- ✓ Secuencia **OBAFGKM**
- ✓ Posteriormente se han hecho subdivisiones, agrega un entero 0-9 (caliente-frío)

Por ejemplo, si CaII y FeI son intensos en el espectro de una estrella entonces esta debe ser de tipo **K3** con $T_{\text{eff}} \approx 4800^\circ\text{K}$

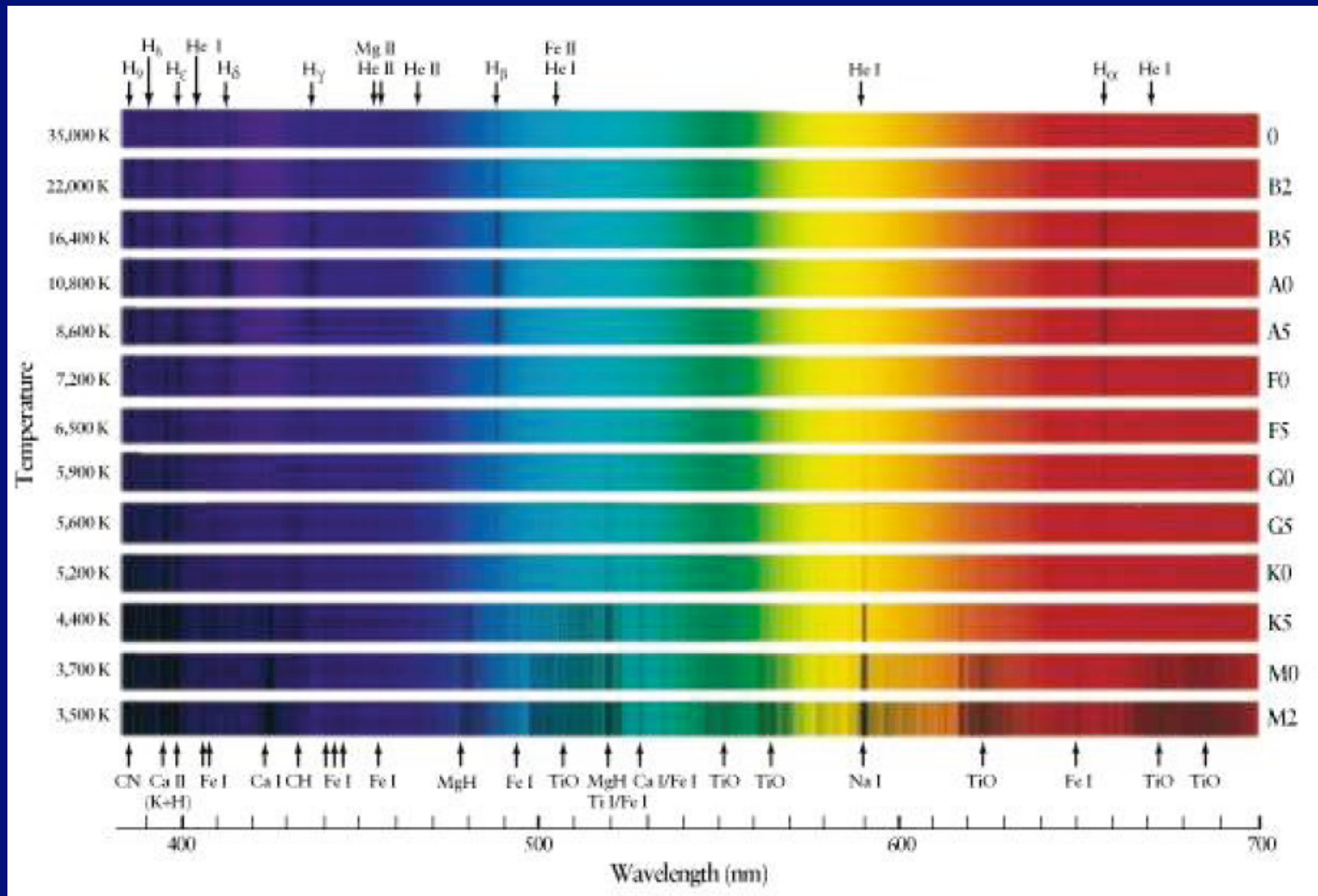
Clasificación Espectral





Espectros de Estrella

Temperatura, elemento químico



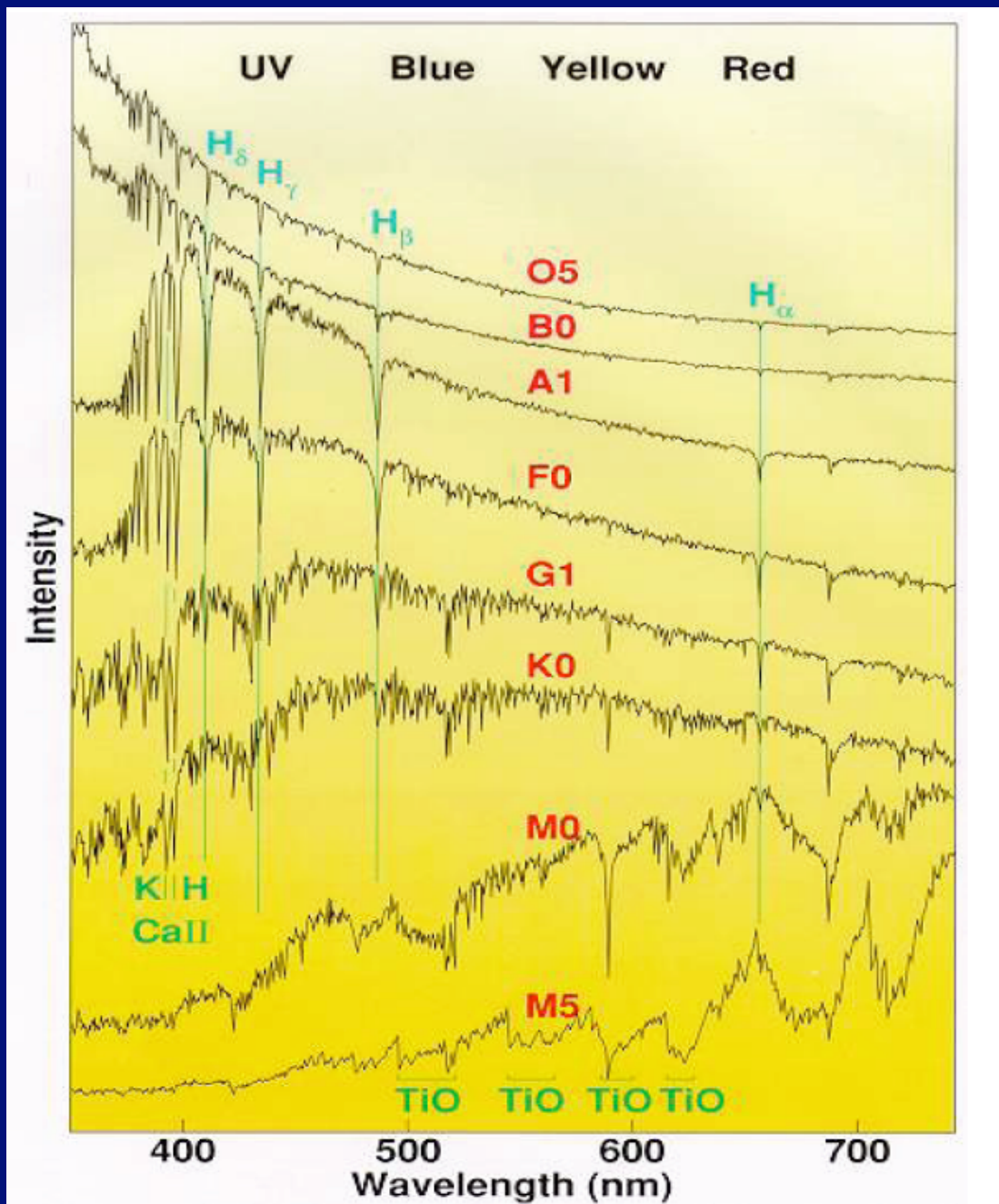


Diagrama Hertzsprung-Russell

- Plano teórico diagrama H-R
- Plano Observacional, diagrama color-magnitud
- **Notar:**
 - Estrellas brillantes arriba, estrellas más calientes izquierda.
 - Secuencias
 - ✓ principal
 - ✓ Gigantes Rojas
 - ✓ enanas blancas
 - La posición de una estrella en una secuencia o rama tiene relación con su estado de evolución

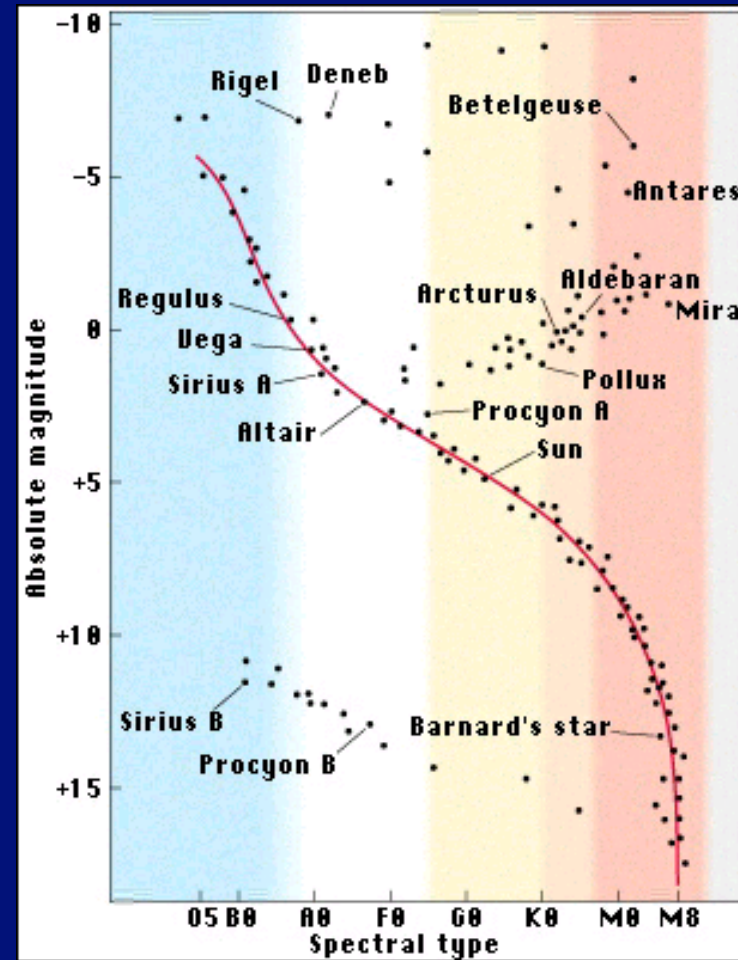
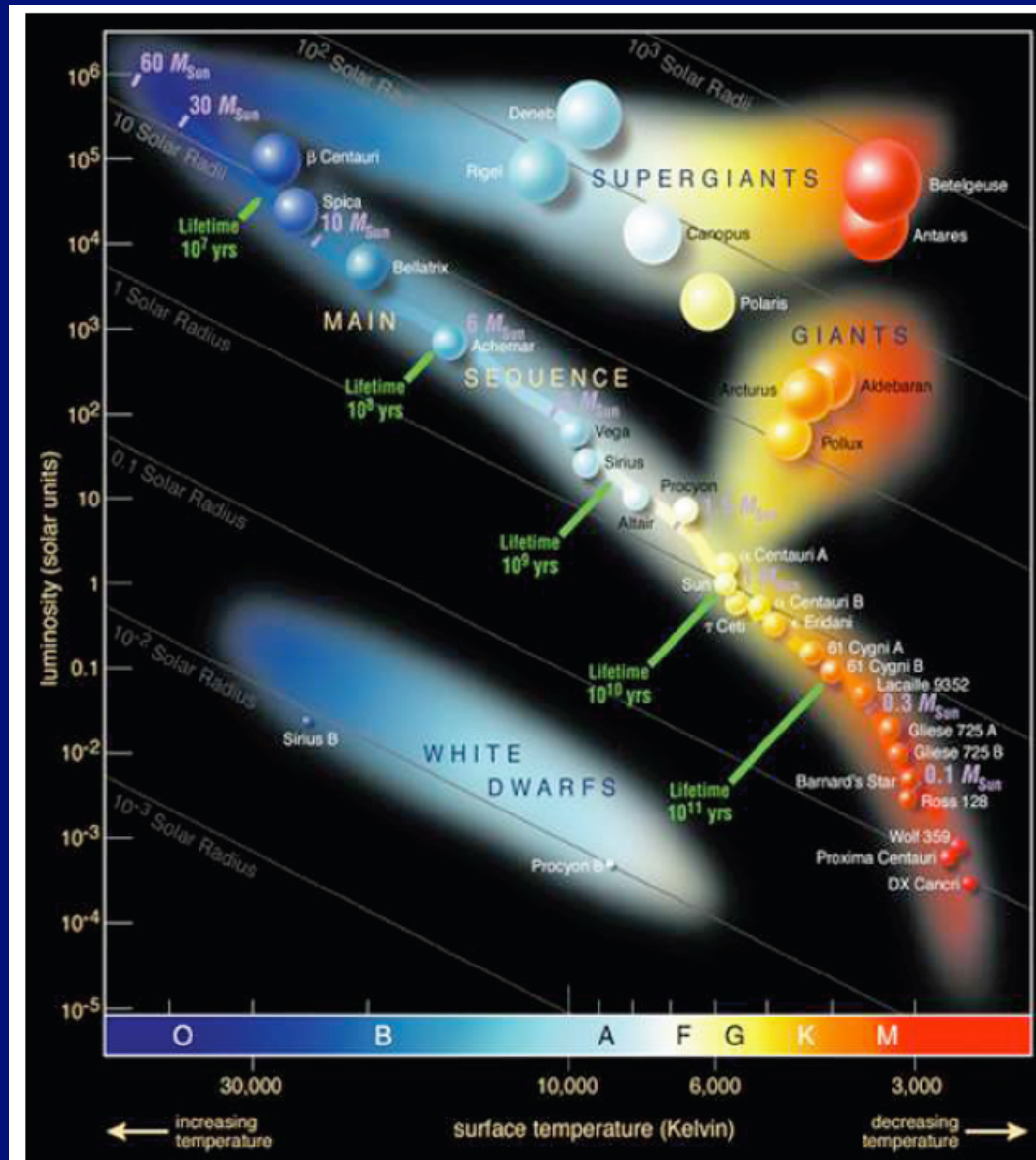


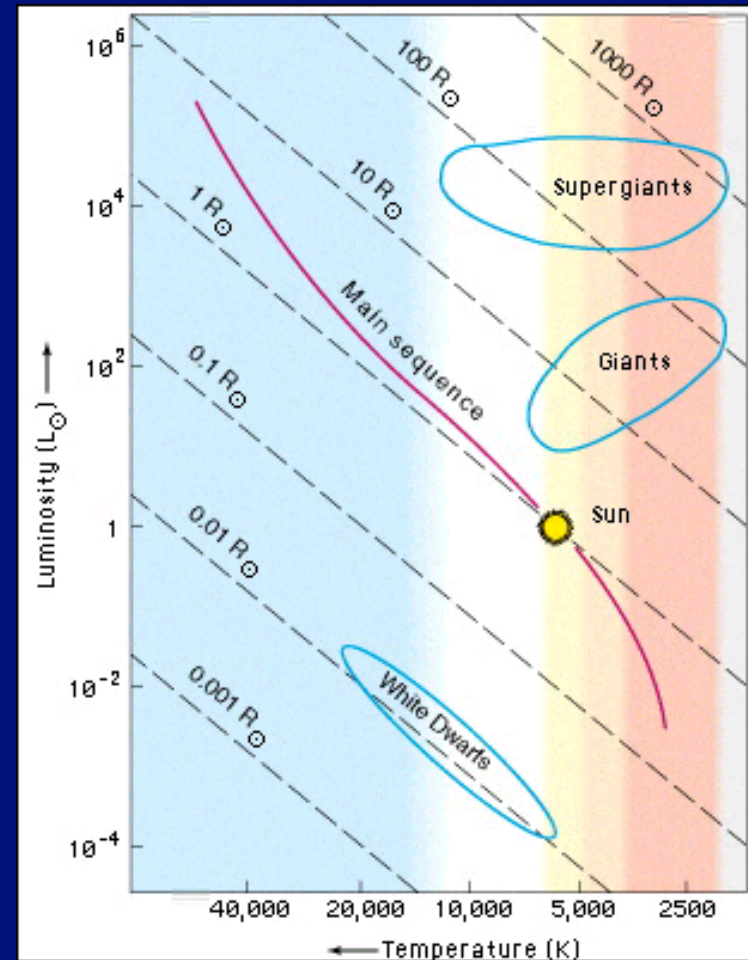
Diagrama H-R



Radio en diagrama H-R

$$L \propto R^2 T^4$$

$$\log(L) \propto 2\log(R) + 4\log(T)$$



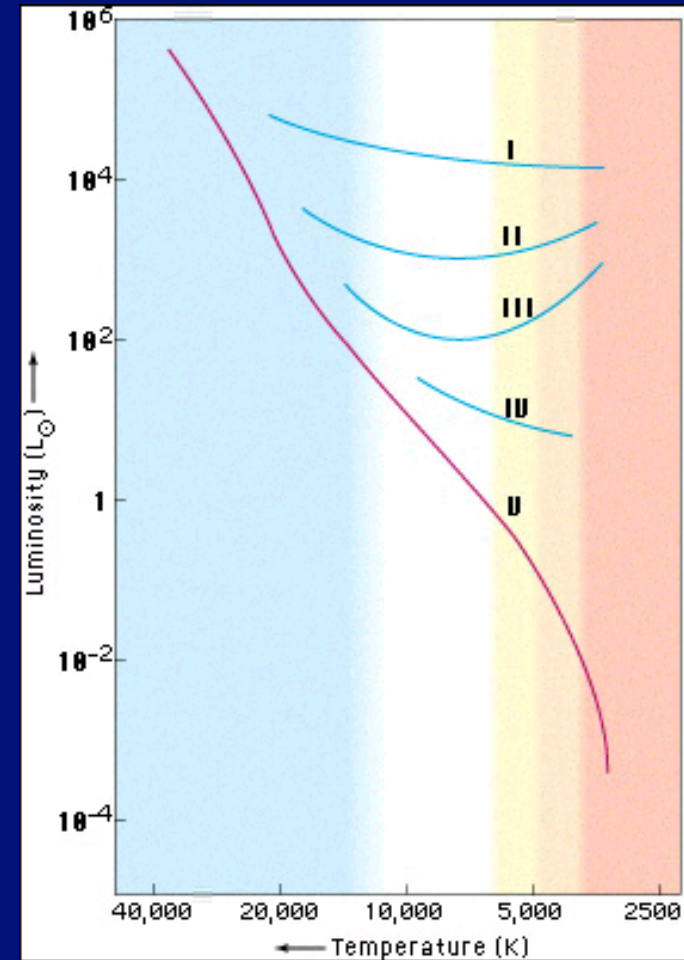
Clases de Luminosidad

Para un tipo espectral, i.e. una misma temperatura superficial, existe una clasificación más fina

I	Supergigantes
II	Gigantes Brillantes
III	Gigantes
IV	Subgigantes
V	Secuencia Principal

SOL: G2 V

Diagrama H-R hace una separación física fundamental de las estrellas. La posición de una estrella en este diagrama dice relación con el estado evolutivo de la estrella.



Efectos de Luminosidad

