

Comparación del modelo elemental con las observaciones

R. Gamen

Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP

2018a

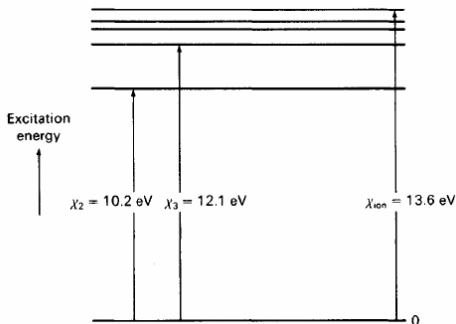
Índice

- 1 Efectos de las líneas de absorción, del salto de Balmer y de las variaciones de longitud de onda efectiva sobre magnitudes y colores.

Modelo (muy) elemental de estrella

- Suponemos la estrella formada por capas concéntricas.
- Cada capa tiene una única T y se puede considerar como cuerpo negro. Gas ideal. Equilibrio termodinámico local. Cada capa tiene una cierta opacidad.
- Transporte radiativo.

- Tenemos átomos con diversos estados de excitación e ionización (Boltzmann + Saha).
- Absorción libre-libre, ligado-libre, ligado-ligado.



La energía absorbida en las transiciones ligado–ligado:

$$E_{bb} = E_i - E_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = R_E \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \quad (1)$$

En el caso del hidrógeno:

$$\frac{1}{\lambda} = 0.00109677559 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \quad [\text{\AA}^{-1}] \quad (2)$$

Si $n_i = 1 \rightarrow$ Serie de Lyman (UV).

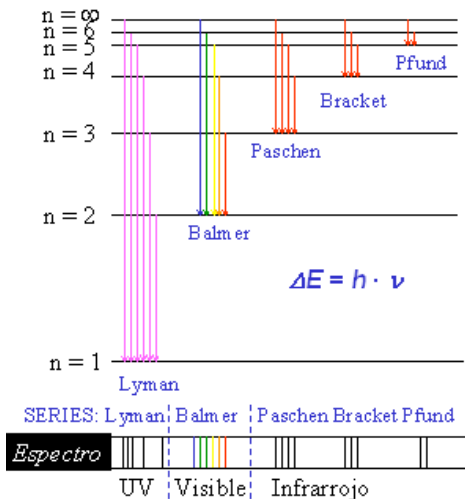
Si $n_i = 2 \rightarrow$ Serie de Balmer (visible).

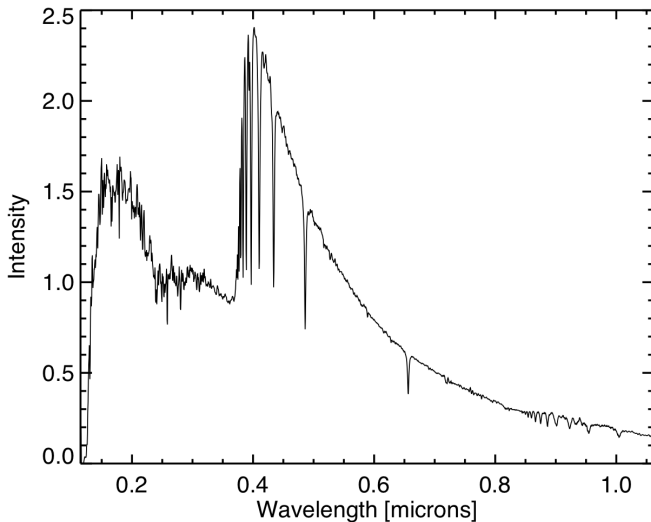
Si $n_i = 3 \rightarrow$ Serie de Paschen (IR).

Si $n_i = 4 \rightarrow$ Serie de Brackett (IR).

Si $n_i = 5 \rightarrow$ Serie de Pfund (IR).

Series espectrales





Poniendo todo en contexto. Ecuación de transporte. Coeficientes de opacidad.

$$I_2 = I_1 e^{-\tau} \quad (3)$$

$$\log I_2 = \log I_1 - \tau \log e \quad (4)$$

donde:

$$\tau_\lambda = \int_0^s k_\lambda n(x) dx = k_\lambda \int_0^s n(x) dx = k_\lambda N(x) \quad (5)$$

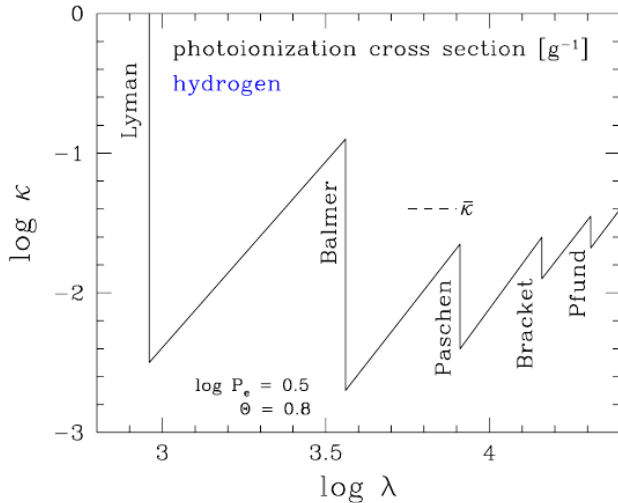
La cantidad de elementos "absorbentes" lo podemos estimar de las ecuaciones de Boltzmann y Saha. Los coeficientes de absorción dependerán del proceso involucrado: ff – bf – bb

Coefficientes de opacidad (absorción) ligado–libre

Capacidad de un átomo de absorber fotones de una energía tal que lo ionizan.

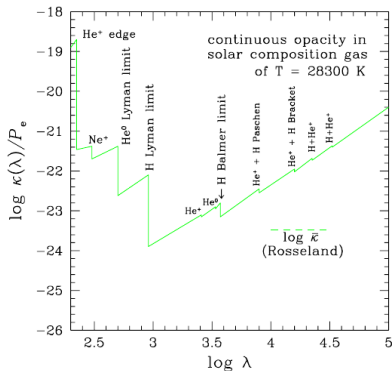
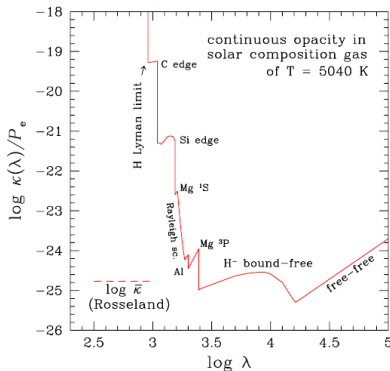
Ejemplo de $k(\lambda)$ de un átomo de H (o similar):

$$\left\{ \begin{array}{ll} = cte \frac{\lambda^3}{n^5} & \lambda \leq \frac{hc}{\chi_{\text{ion}}} \\ = 0 & \lambda > \frac{hc}{\chi_{\text{ion}}} \end{array} \right.$$



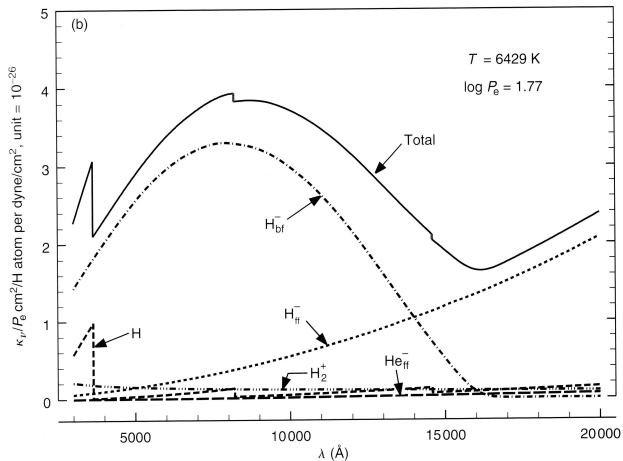
$T = 6000 \text{ K.}$

En las estrellas debemos considerar todos los elementos presentes, y entonces la opacidad total será la sumatoria de todas las individuales:

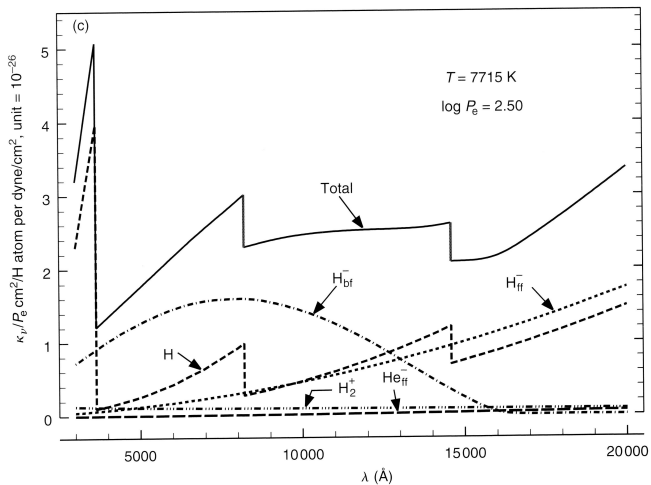


Debemos considerar, también, las transiciones libre-libre:

$$k_{\lambda}^{ff} = cte \lambda^2 \frac{n_e^2}{T^{3/2}} \quad (6)$$

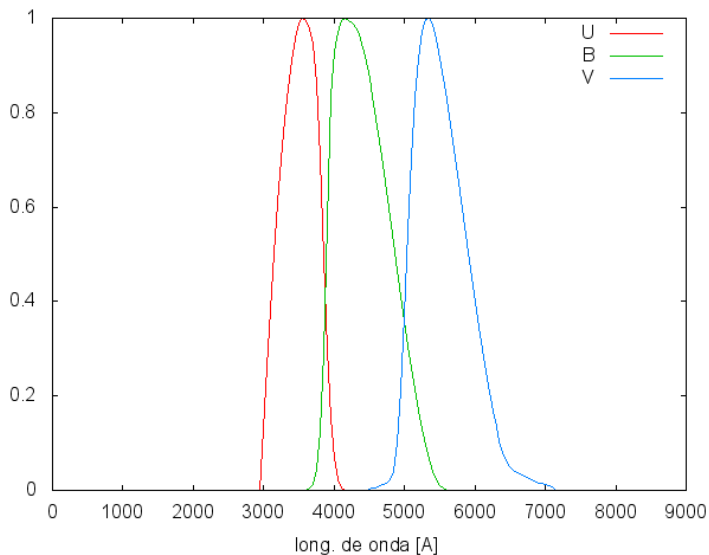


Opacity at 6429 K

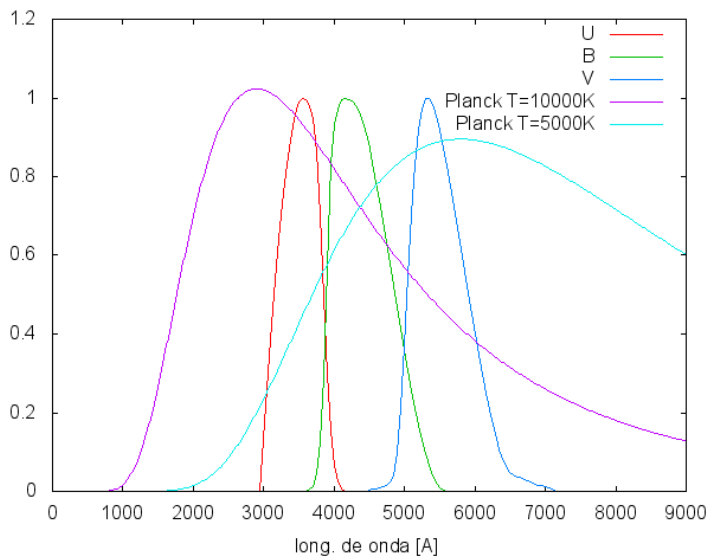


Opacity at 7715 K

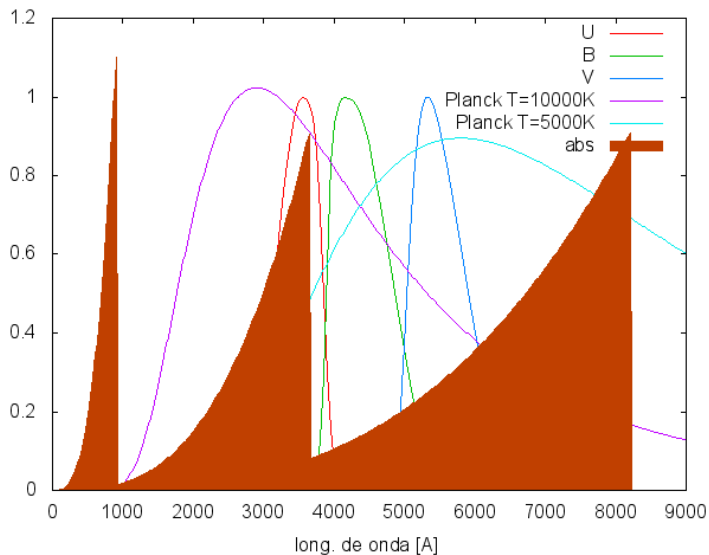
Cómo afecta a las magnitudes?



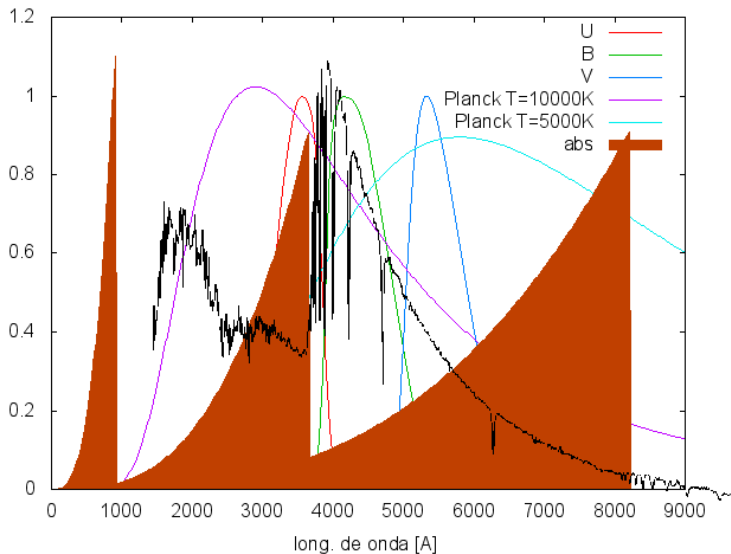
Cómo afecta a las magnitudes?



Cómo afecta a las magnitudes?



Cómo afecta a las magnitudes?



Cómo afecta a las magnitudes?

Ahora interpretamos el diagrama color-color $U - B$ vs. $B - V$:

- Recordemos que el cuerpo negro tenía un comportamiento pseudo-lineal.

Cómo afecta a las magnitudes?

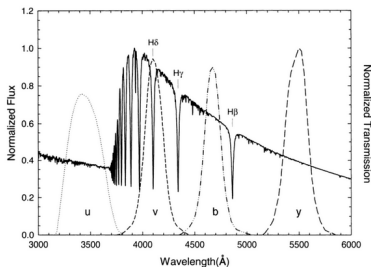
Ahora interpretamos el diagrama color-color $U - B$ vs. $B - V$:

- Recordemos que el cuerpo negro tenía un comportamiento pseudo-lineal.
- El filtro U está definido en el rango espectral del salto de Balmer (a diferencia del sistema Strömgren)

Cómo afecta a las magnitudes?

Ahora interpretamos el diagrama color-color $U - B$ vs. $B - V$:

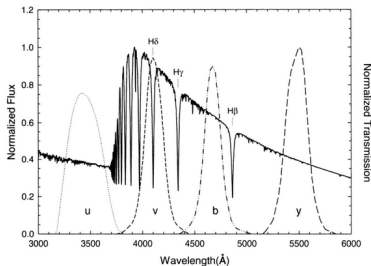
- Recordemos que el cuerpo negro tenía un comportamiento pseudo-lineal.
- El filtro U está definido en el rango espectral del salto de Balmer (a diferencia del sistema Strömgen)



Cómo afecta a las magnitudes?

Ahora interpretamos el diagrama color-color $U - B$ vs. $B - V$:

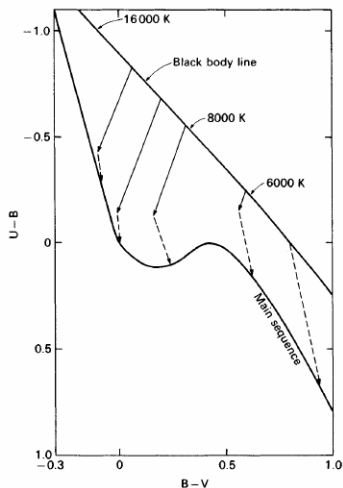
- Recordemos que el cuerpo negro tenía un comportamiento pseudo-lineal.
- El filtro U está definido en el rango espectral del salto de Balmer (a diferencia del sistema Strömgren)



- En las estrellas OB el (o la mayoría del) H está ionizado (afecta poco).

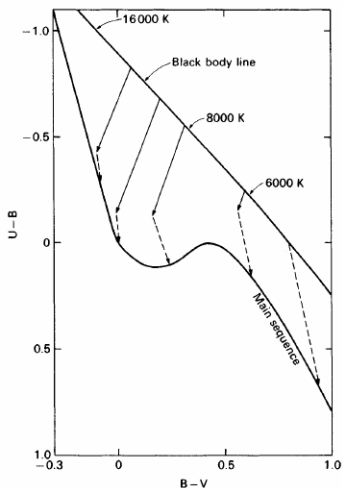
Cómo afecta a las magnitudes?

- En la figura se indican con flechas continuas cómo afecta la absorción de Balmer. Las flechas en líneas de trazos, las debidas a otros procesos de absorción (y otros iones o elementos).



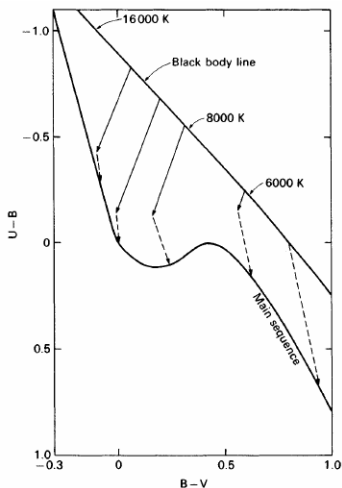
Cómo afecta a las magnitudes?

- Cuando pasamos de las B tempranas a las B tardías $B - V$ aumenta poco, pero U empieza a ser más afectado. $U - B$ aumenta rápido.



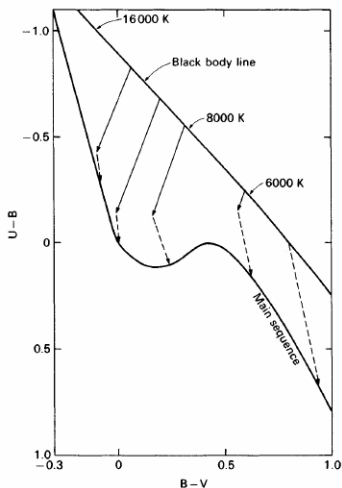
Cómo afecta a las magnitudes?

- Cuando pasamos de las B tempranas a las B tardías $B - V$ aumenta poco, pero U empieza a ser más afectado. $U - B$ aumenta rápido.
- En A0 definimos los índices de color son todos 0.



Cómo afecta a las magnitudes?

- Cuando pasamos de las B tempranas a las B tardías $B - V$ aumenta poco, pero U empieza a ser más afectado. $U - B$ aumenta rápido.
- En A0 definimos los índices de color son todos 0.
- A partir de A0 la discontinuidad de Balmer comienza a decrecer. Se invierte $U - B$.



Cómo afecta a las magnitudes?

- Cuando pasamos de las B tempranas a las B tardías $B - V$ aumenta poco, pero U empieza a ser más afectado. $U - B$ aumenta rápido.
- En A0 definimos los índices de color son todos 0.
- A partir de A0 la discontinuidad de Balmer comienza a decrecer. Se invierte $U - B$.
- En las F5 la emisión en U es muy pobre, en las G, ya no existe la discontinuidad.

