

PRÁCTICA 3

Espectros Estelares, Colores y Temperatura

Objetivos: En esta práctica estudiaremos espectros estelares, la clasificación espectral y su relación con diferentes parámetros físicos. Se estudiarán los siguientes aspectos concretos: medida de la temperatura efectiva a partir del espectro y su dependencia con el tipo espectral, dependencia de la intensidad de líneas de la serie de Balmer del Hidrógeno con el tipo espectral, clasificación de un espectro problema, cálculo de colores a partir del espectro y dependencia del índice de color con la temperatura.

Para esta práctica utilizaremos el programa [TOPCAT](#).

Parte A - Clasificación Espectral

1. **Temperatura vs Tipo espectral.** En esta parte vamos a medir la temperatura superficial de una estrella ajustando a su espectro un espectro de cuerpo negro.
 - a. Seleccione una estrella de Secuencia Principal (clase de luminosidad V) de la biblioteca proporcionada (Kurucz 90, carpeta 1-normalizados) y grafique su espectro en el rango óptico entre 3000 y 9000 Å. Empiece tomando una estrella tipo F o G. Estime la temperatura efectiva (T_{eff}) del espectro ajustándole por tanteo una curva de cuerpo negro (ver ecuación (1) más abajo).
 - b. Su estimado de la temperatura T_{eff} está sujeto a error, estime el error ΔT_{eff} asociado tomándolo como la mitad del rango de T_{eff} que aproximadamente reproducen el espectro.
 - c. Repita este procedimiento hasta tener la temperatura efectiva T_{eff} y su error ΔT_{eff} asociado para unas 10 estrellas. Tome al menos una de cada tipo espectral y asegúrese de tomar una de tipo A0V (la necesitará para la Parte B). Reporte sus medidas en una tabla con su error correspondiente.
 - d. Discuta cómo es el comportamiento del error ΔT_{eff} como función de la temperatura ¿el error es constante?

Recuerde que la curva de Planck para el espectro de un cuerpo negro está dada por la Ecuación (1), donde $C_1=1.191043 \times 10^{34} \text{ Wm}^{-2} \text{ Å}^5$ y $C_2=1.438777 \times 10^8 \text{ ÅK}$.

$$B_T(\lambda) = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2/T\lambda} - 1}, \quad (1)$$

Nota: Las constantes están calculadas para poder usarlas directamente con la longitud de onda en Å, igual que los espectros de la librería que, a su vez, están calibrados y normalizados para que la comparación sea directa.

Parte B - Colores y temperatura

En esta parte vamos a estudiar la dependencia del color con la temperatura. En la carpeta *extras* encontrará varios archivos con las curvas de transmisión de los juegos de filtros de los sistemas fotométricos usados por diferentes sondeos modernos.

Colores versus Temperatura. Para esta parte vamos a usar el sistema de filtros UBVRI de Johnson. Vamos a calcular el color B-V. Para esto:

1. Familiarícese con las curvas de transmisión de los filtros. Grafique la transmisividad de los filtros UBVRI versus la longitud de onda. Incluya en el mismo gráfico dos de espectros estelares de temperatura muy diferente para tener como referencia. Discuta, para cada uno de estos espectros, en qué filtros emite más cada una de las estrellas que seleccionó.
2. Calcularemos las magnitudes B y V, para luego obtener el color B-V para cada una de las estrellas que usó en la parte A. Use los espectros de la carpeta 2-norm_con_filtros. Aquí cada archivo tiene el espectro normalizado a altura 1 (columna Flujo) e incluye las curvas de transmisión de UBVRI, con la misma normalización (columnas tU, tB, tV, tR, tI).
3. Calcule la magnitud en un filtro dado según la ecuación (2), donde F es el flujo integrado en el filtro para la estrella de interés y F_{A0V} corresponde al flujo integrado en el filtro para una estrella A0V (Vega), ya que el sistema UBVRI es un *sistema de magnitudes Vega*. Las constantes c valen $c=0.03$ para el filtro V y son nulas para todos los demás filtros; de manera que todos los colores de una estrella A0V en este sistema son nulos, por definición. Así, recordando que F es el flujo integrado en un filtro X, calcule F usando el procedimiento de la parte anterior: cree una nueva columna FX con el producto de la columna Flujo por tX, la curva de transmisión del filtro correspondiente; luego sume los valores de dicha columna. Use este procedimiento, para obtener los flujos, luego las magnitudes B y V (usando la Ecuación 2), y luego el color B-V para las estrellas que usó en las partes A y B. Registre sus datos en una tabla.

$$m = -2.5 \log(F/F_{A0V}) + c \quad (2)$$

Ayudas para TOPCAT:

- Usando la expresión " $(x>5 \ \& \ x<10) ? 1 : 0$ " se puede crear una columna con 1's en las filas donde la expresión $(5<x<10)$ se cumple y 0's donde no
- Para ver otras estadísticas de resumen en una tabla -> click en el ícono Σ y luego en el menú Display seleccionar las que se quiera que aparezcan en la ventana correspondiente (e.g. Sum da la suma de los valores en una columna)

Bibliografía

- Hannu Kartunnen, "Fundamental Astronomy", Springer Verlag, 2003
- Notas de Clase CTE II, 2021
- Michael Bessel, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 43, 293-336, 2005
- Brian Cox, "Allen's Astrophysical Quantities", Springer Verlag, 2001
- Julianne Dalcanton, "Astronomy Coursepack", Washington University