

## Práctica 4: Clasificación Espectral

### 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.

### Parte A: Intensidad de líneas espectrales y clasificación espectral

La clasificación espectral se desarrolló inicialmente en base al estudio de la intensidad relativa de líneas de absorción de la serie de Balmer del Hidrógeno (Willhemina Flemming). Vamos a ver cómo depende la intensidad de las líneas con el tipo espectral.

1. Grafica el espectro de una de las estrellas que estudiamos en el Práctico 3 y haz un zoom alrededor de la línea  $H_\alpha$  (6563 Å).
2. Halla (a ojo) el espectro de cuerpo negro que mejor ajusta su espectro **alrededor de la línea  $H_\alpha$**  (puedes re-utilizar algunas herramientas que hayas desarrollado durante la práctica 3) y registra el valor de temperatura efectiva  $T_{eff}$  asociado a dicha curva de Planck.
3. Mide la intensidad de la línea de absorción  $I_{H_\alpha}$ , que corresponde a la fracción de área que la línea le “quitó” al continuo, relativa al área del continuo.
4. Repite este proceso para 9 otros espectros.
5. Observa ¿qué tipo espectral tienen las estrellas con mayor y menor intensidad de línea  $H_\alpha$ ? Éste es el criterio con el cual Flemming definió las clases espectrales y su orden, originalmente alfabético (ABFGKM).
6. Grafica los valores de  $I_{H_\alpha}$  obtenidos contra los valores correspondientes de  $T_{eff}$ . La relación entre estas cantidades fue descubierta por Annie Jump Cannon, en base a ello propuso el ordenamiento que usamos actualmente de los tipos espectrales (OBAFGKM) de forma creciente con la temperatura.

### Parte B: Clasificación espectral de un espectro problema

En esta parte queremos establecer el tipo espectral de un espectro problema. Lo que encontraremos es que en base a la intensidad de una única línea espectral, por ejemplo  $H_\alpha$ , no podríamos hacerlo puesto que un mismo valor de intensidad de la línea  $H_\alpha$  puede corresponder a dos temperaturas diferentes. Debemos complementar esta información con la de otras líneas espectrales.

1. Toma el espectro problema X. Mide la intensidad de la línea  $H_\alpha$  siguiendo el procedimiento de la parte anterior. Comparando el valor de  $I_{H_\alpha}$  que mediste con tus resultados previos y asumiendo que **no conoces el valor de  $T_{eff}$**  con el que ajustaste el continuo, ¿qué puedes decir sobre la temperatura? ¿qué valores de  $T_{eff}$  pueden producir esa intensidad de línea? ¿a qué tipos espectrales corresponden?
2. Así planteado, éste es un problema *degenerado* puesto que la medida de la intensidad de línea para un único elemento no puede determinar la  $T_{eff}$  unívocamente. Para romper la degeneración se necesita identificar líneas de otros elementos químicos. Utiliza los criterios de clasificación espectral vistos en clase para decidir qué elementos buscar. Utiliza las Tablas 1 y 2 como guía.
3. Indica cuáles son las líneas espectrales de los elementos que buscaste y resalta las que están presentes en el espectro problema. Úsalas para identificar el tipo espectral de la estrella problema.

**Tabla 1:** Características según clase espectral.

| Clase Espectral MK | Características                                                                                                           |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O                  | Estrellas calientes con He II en absorción.                                                                               |
| B                  | He I moderado. H moderado. En los tipos más fríos aparece la serie Balmer del H.                                          |
| A                  | H fuerte, decae hacia tipos más fríos. En la A0 aparece la línea más fuerte del H. Ca II, aumenta en los tipos más fríos. |
| F                  | Ca II más fuerte. H más débil. Aparecen más líneas de metales.                                                            |
| G                  | Ca II y Fe fuertes. Metales neutros. H cada vez más débil.                                                                |
| K                  | Líneas metálicas fuertes. Comienzan a formarse bandas moleculares como CH y CN. H débil.                                  |
| M                  | Muy rojas (frías), bandas de TiO, VO y otras bandas moleculares.                                                          |

(Referencia: Adaptado de Tabla 15.1 de Allen's Astrophysical Quantities)

**Tabla 2:** Líneas espectrales en el óptico para distintos elementos.

| Elemento   | Líneas espectrales en el óptico (en Å)                               |
|------------|----------------------------------------------------------------------|
| H (Balmer) | 4340 H $\gamma$ , 4101 H $\delta$ , 4861 H $\beta$ , 6563 H $\alpha$ |
| He         | 4026 He I, 4121 He I, 4471 He I, 4541 He II                          |
| Si         | 4128–30 Si II, 4552 Si III, 4089 Si IV                               |
| Ca         | 3934 Ca II, 4226 Ca I, 4325 Ca I, 4290–4300 Ca I                     |
| Mg         | 4481 Mg II                                                           |
| Fe         | 4045 Fe I, 4144 Fe I                                                 |
| Otros      | 4030–34 Mn I, 4300 CH                                                |

(Referencia: Tabla 15.3 de Allen's Astrophysical Quantities)

## Bibliografía

- Hannu Karttunen, "Fundamental Astronomy", Springer Verlag, 2003
- Notas de Clase CTE II, 2025
- 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