



# ¿Qué nos cuenta la luz de las estrellas?

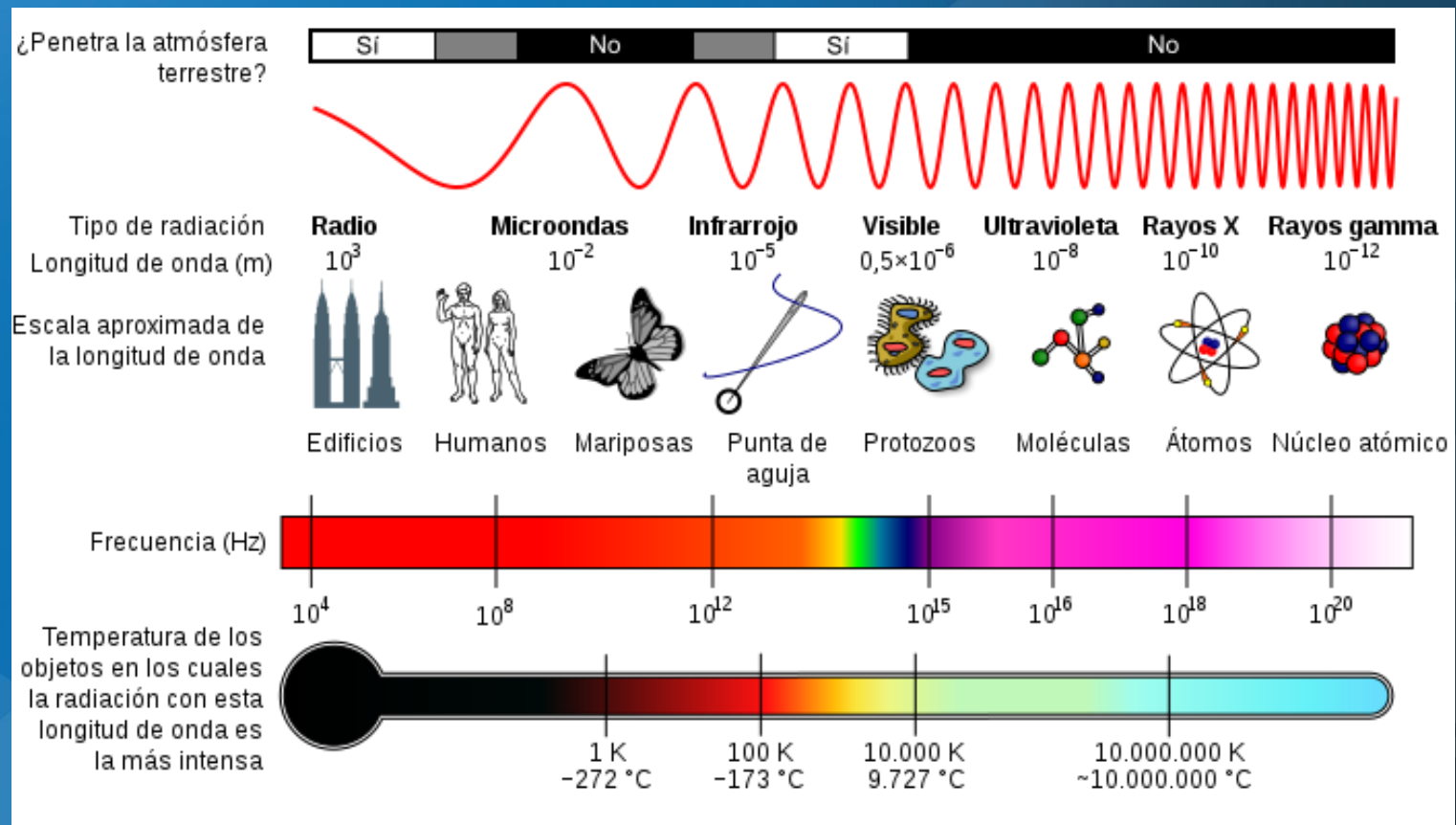
Presenta: Leonel E. Hernández,  
ASTRO

# ¿Qué es la luz?

- Estamos habituados a llamar *luz* a toda aquella radiación que podemos percibir con nuestros ojos.
- Pero en astrofísica, luz, se refiere a toda la variedad de radiación electromagnética emitida por los objetos astronómicos.
- Las estrellas, las nebulosas, las galaxias y todos los objetos de interés de la astronomía, se encuentran demasiado lejos para poder examinarlos directamente. Por eso se usa su luz para averiguar sus características.

# ¿Qué es la luz?

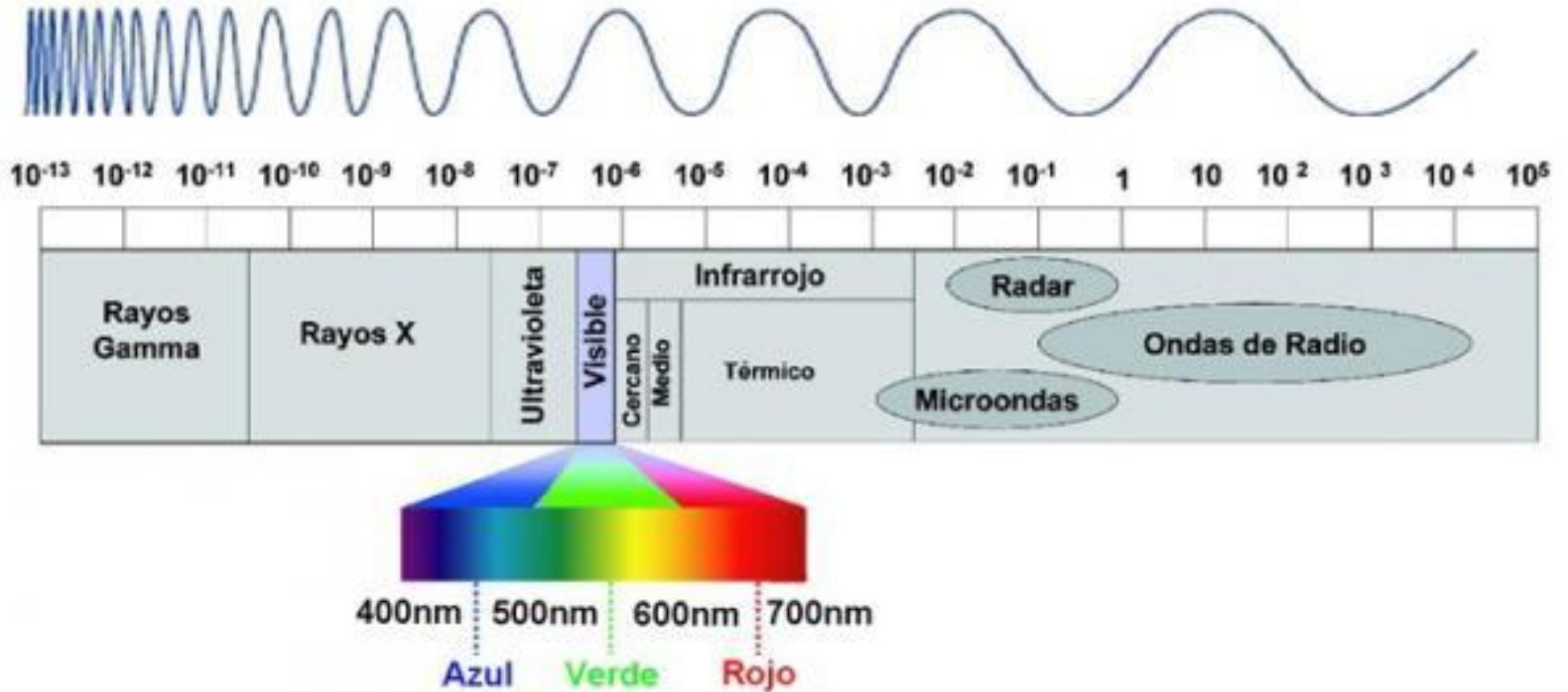
- Lo que llamamos luz es tan sólo una pequeña fracción de toda una amplia variedad de ondas electromagnéticas que van desde las ondas de radio hasta los rayos gamma.





# Espectro electromagnético.

Longitud de onda ( $\lambda$ ) en metros.



# ¿Partícula u onda?

- Durante mucho tiempo se especuló sobre la naturaleza de la luz y su generación.
- Las primeras teorías le asignaban una naturaleza ondulatoria y a principios del siglo XX se comprobó su naturaleza corpuscular.



Radiómetro de Crookes. La fuente luminosa es un bulbo incandescente de 100 W ubicado a 0.914 m del radiómetro.

# La velocidad de la luz

- Todas las ondas electromagnéticas se propagan a la misma velocidad.
- Como para medir dicha velocidad se usó la luz visible, se le suele llamar la *velocidad de la luz*.
- Su valor en el Sistema Internacional de Unidades equivale a 299,792,458 m/s.
- A esa velocidad, un haz de luz tarda 1.26 s en cruzar la distancia entre la Tierra y la Luna.

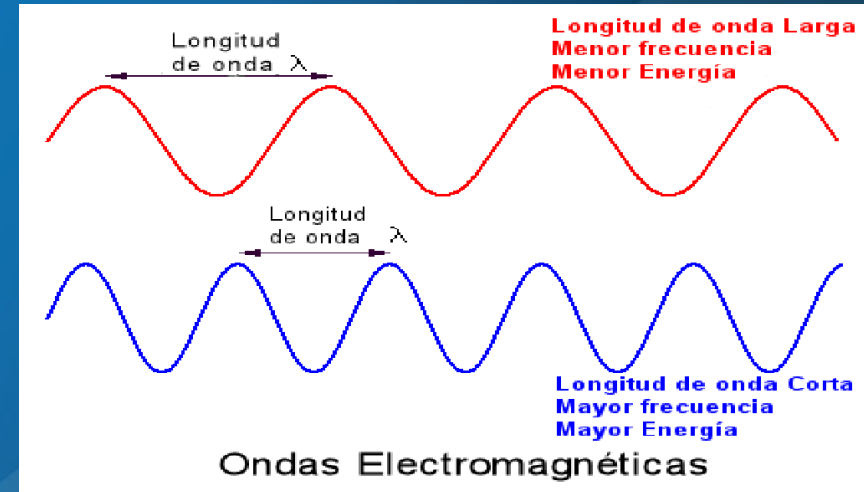


- Casi toda la información que tenemos acerca de los objetos celestes, se obtiene de la luz que nos llega de ellos.
- Al tratarse de energía radiante, nos proporciona datos acerca de los procesos físicos que están ocurriendo en ellos.
- La luz está formada por ondas electromagnéticas que pueden experimentar diversos fenómenos.
- Antes de explicarlos necesitamos recordar algunas definiciones.





- La longitud de onda es la distancia sobre la cual una onda periódica se repite. Generalmente se usa la distancia entre crestas y valles para medir su longitud. Se le representa con la letra griega lambda:  $\lambda$
- La frecuencia es el número de ondas que se producen por intervalo de tiempo, normalmente un segundo. Se le suele representar por la letra griega nu:  $\nu$



$$c = \lambda \nu$$

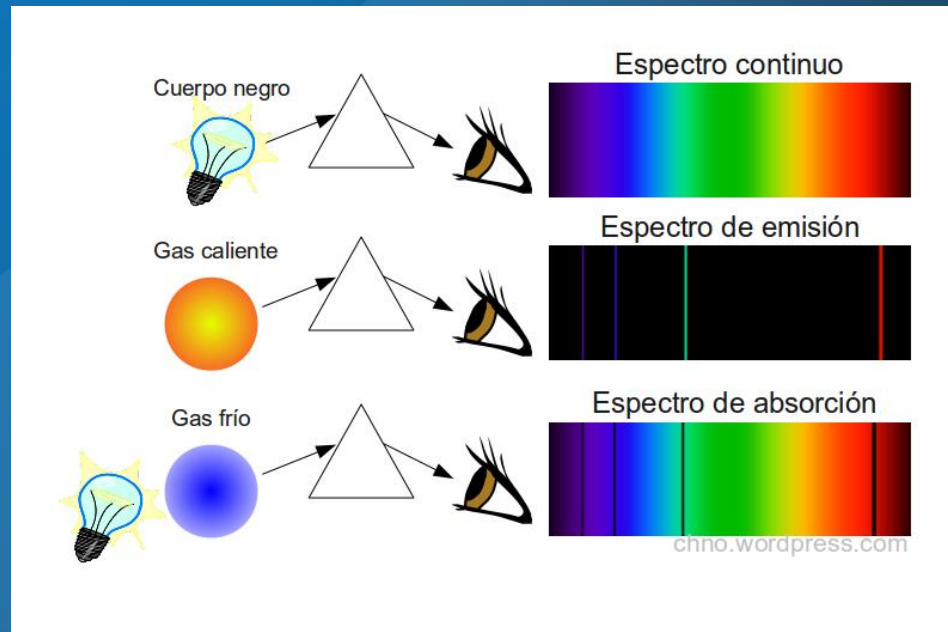
- Debido a los procesos termonucleares dentro de las estrellas, se genera radiación electromagnética que viaja hacia afuera de la estrella y en determinado momento alcanza la superficie de la misma.
- Este transporte de energía radiante lleva el registro del tipo de procesos donde fue generada, pero a la vez, comienza a interactuar con el resto de la masa de la estrella, cambiando su frecuencia y su longitud de onda.
- La mecánica cuántica predice que la energía transportada por un paquete discreto de energía electromagnética (fotón) se puede estimar con la ecuación de Planck

$$E = h\nu$$

Donde  $h$  es la constante de Planck,  $h = 6.6256 \times 10^{-34} \text{ Js}$

# Leyes de Kirchhoff

- Un sólido o gas incandescente a alta presión produce un espectro continuo.
- Un gas incandescente a baja presión producirá un espectro de líneas de emisión.
- Un espectro continuo visto a través de un gas a baja densidad y baja temperatura, producirá un espectro de líneas de absorción.



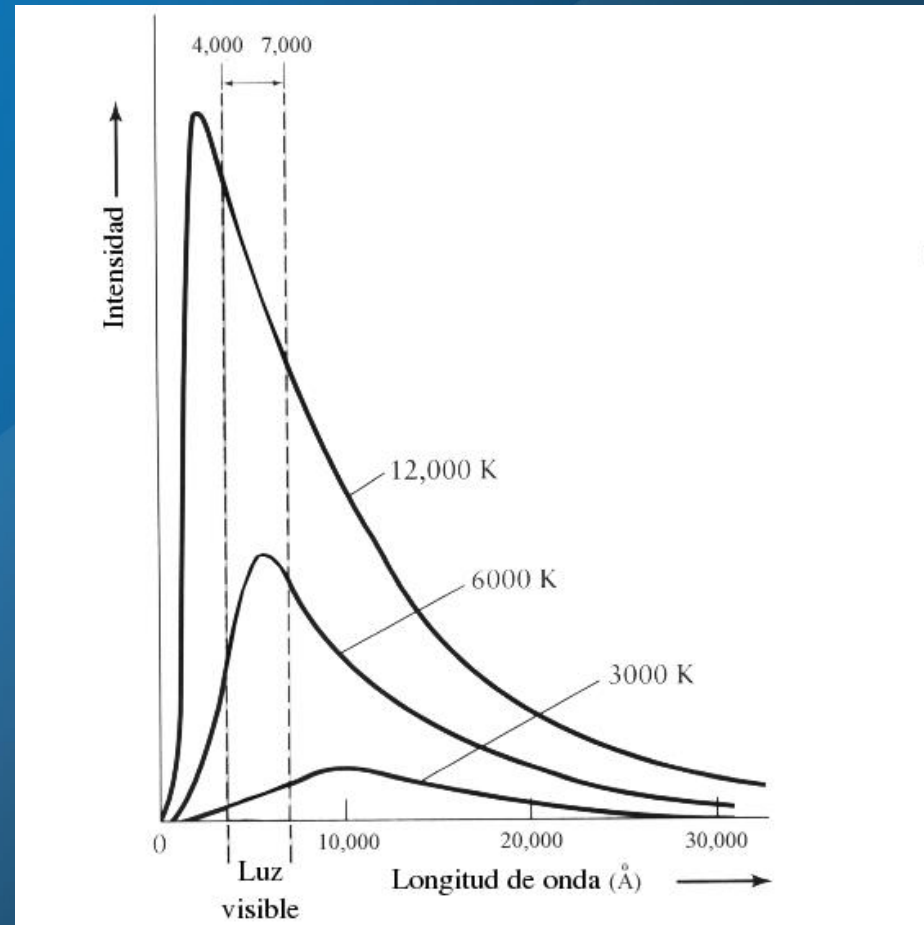
- Las estrellas producen un espectro continuo debido a su naturaleza gaseosa, y la atmósfera estelar generalmente muestra varias líneas de absorción de elementos diversos.
- Esto permite a los astrónomos no sólo determinar cuáles elementos están en la estrella, sino también sus concentraciones.
- Los espectros de emisión se ven cuando una nebulosa gaseosa es excitada por las estrellas cercanas y proporciona una *huella digital* de los gases que la forman.

# La Radiación de Cuerpo Negro

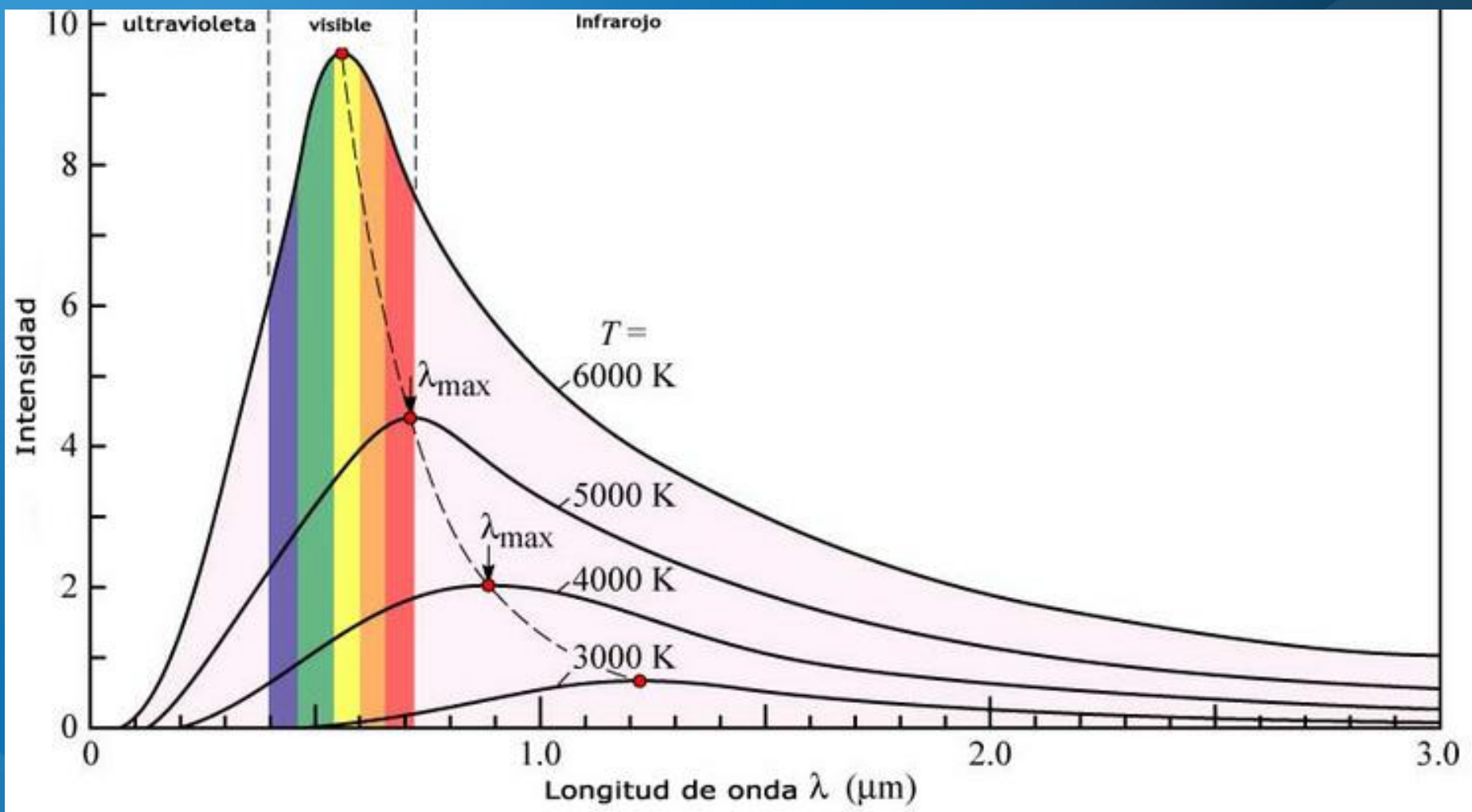
- Cuando un cuerpo es calentado, la longitud de onda pico de la luz que emite varía, alcanzando primero un máximo en el infrarrojo y luego moviéndose hacia el ultravioleta.
- Wein y Planck desarrollaron un modelo matemático para dicha transición, la cual puede establecerse como:

$$\lambda_{max} = \frac{2,897,820}{T}$$

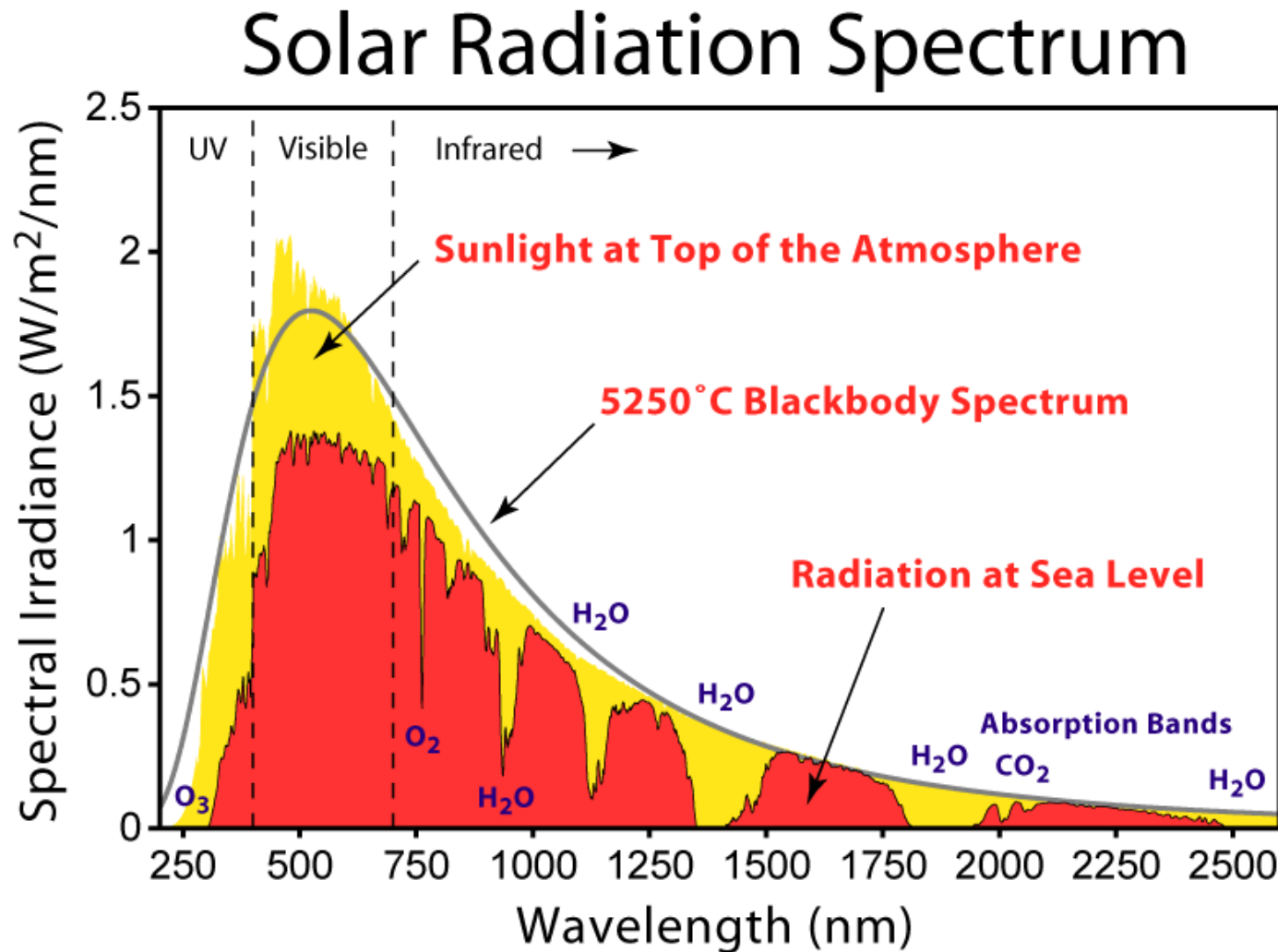
donde  $T$  es la temperatura en kelvin, y  $\lambda_{max}$  es la longitud de onda de la emisión más intensa, en nm.







# El espectro del Sol

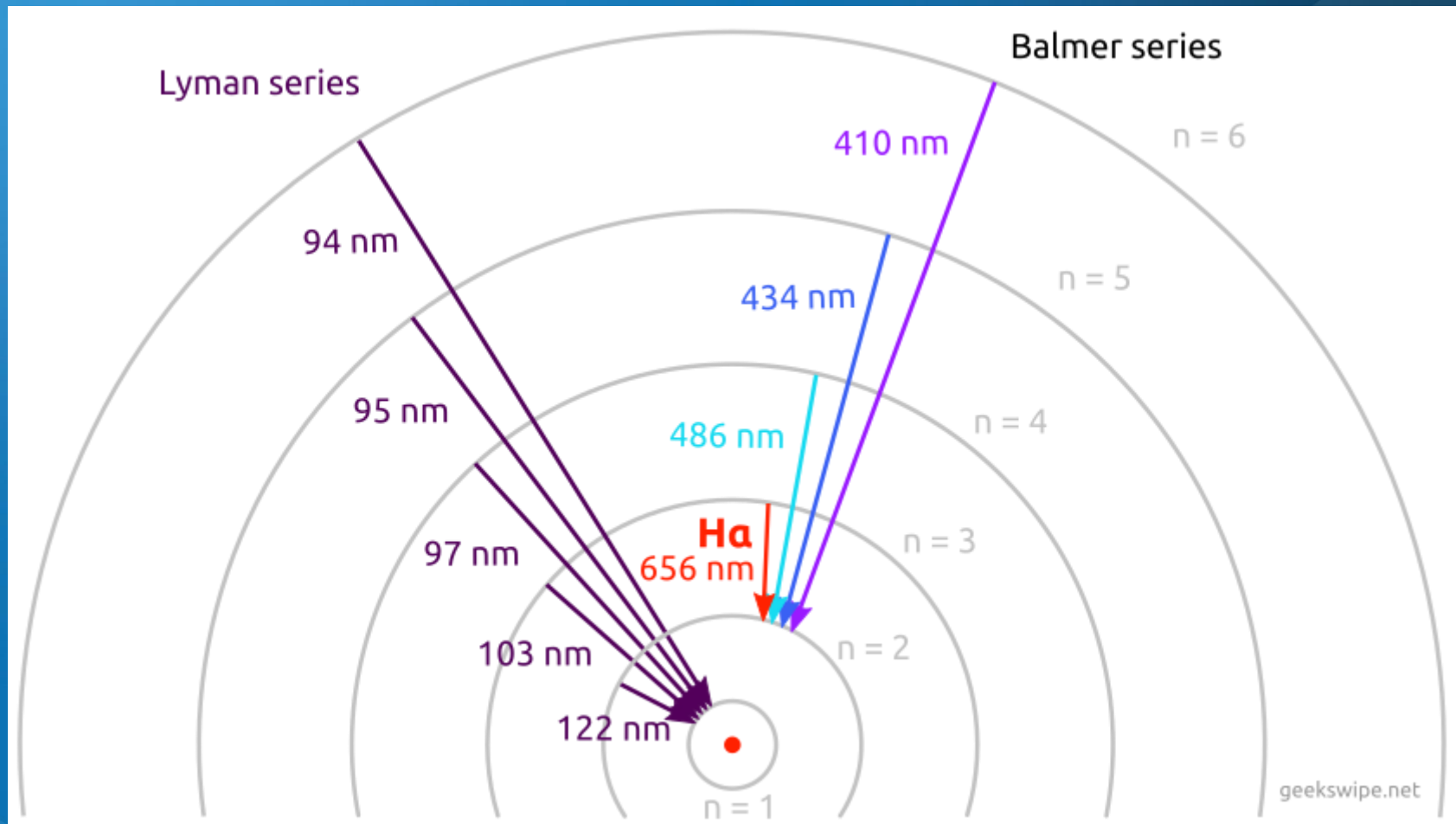


- La energía generada en el interior de las estrellas es absorbida y reemitida por su material más exterior.
- Las características de la luz emitida dependen de la temperatura y la composición de las capas exteriores donde se genera esta emisión.
- La temperatura de la superficie de una estrella se estima a partir de la longitud de onda pico:

$$T(K) = \frac{29,000,000 \text{ Angstroms}}{\text{Longitud de onda pico}}$$

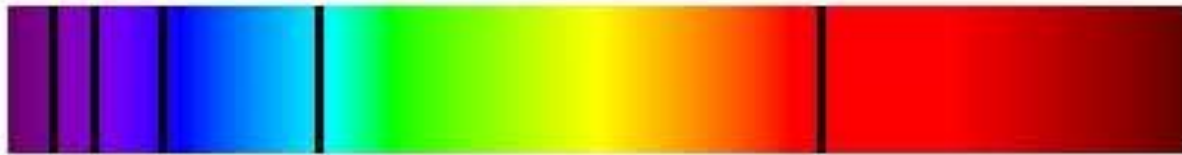
- Un átomo en particular puede absorber fotones de determinada frecuencia.
- Veamos el caso del hidrógeno.

# Serie de Balmer para el hidrógeno



# Espectro de absorción y emisión del hidrógeno

Hydrogen Absorption Spectrum



Hydrogen Emission Spectrum



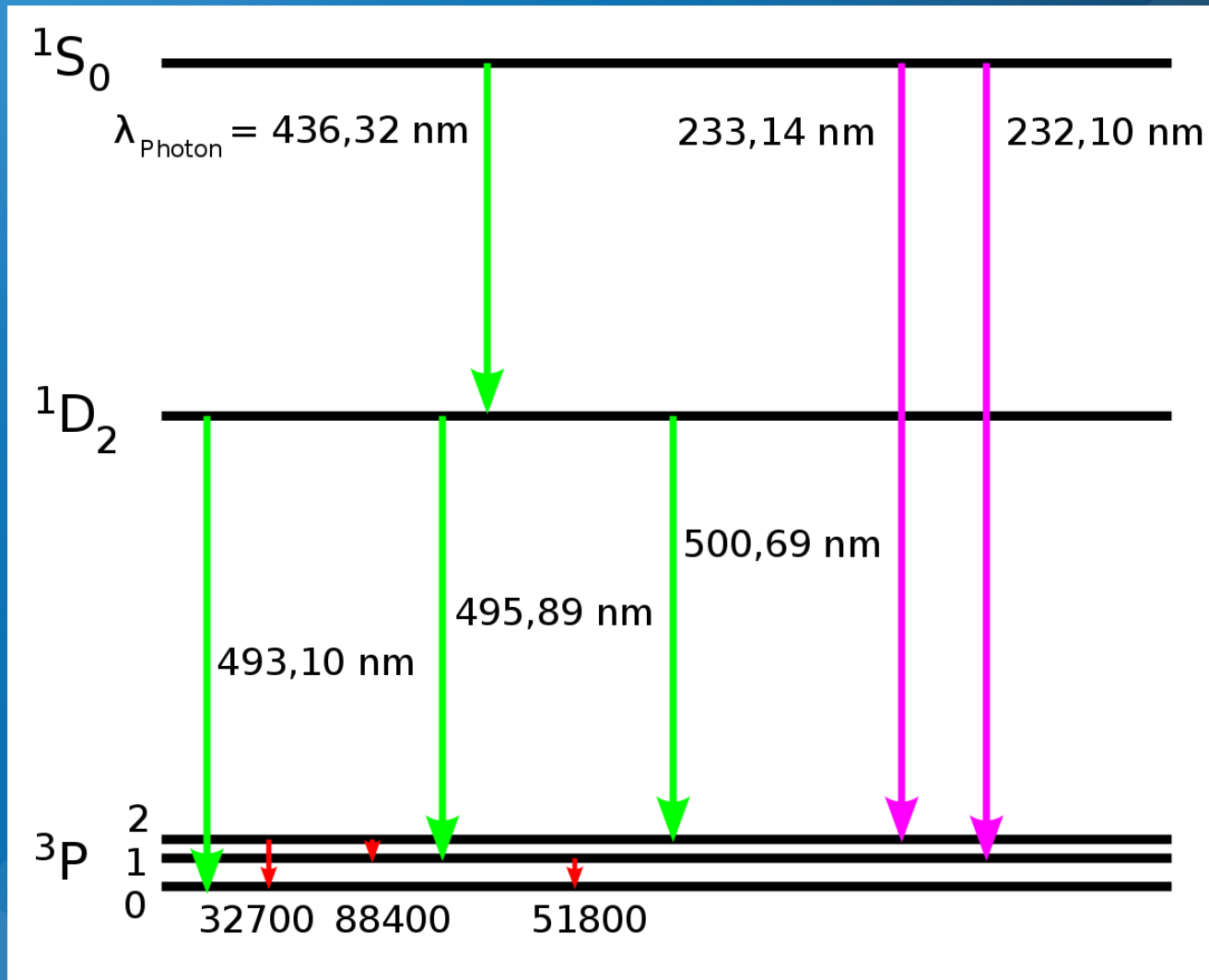


# El color de las nebulosas

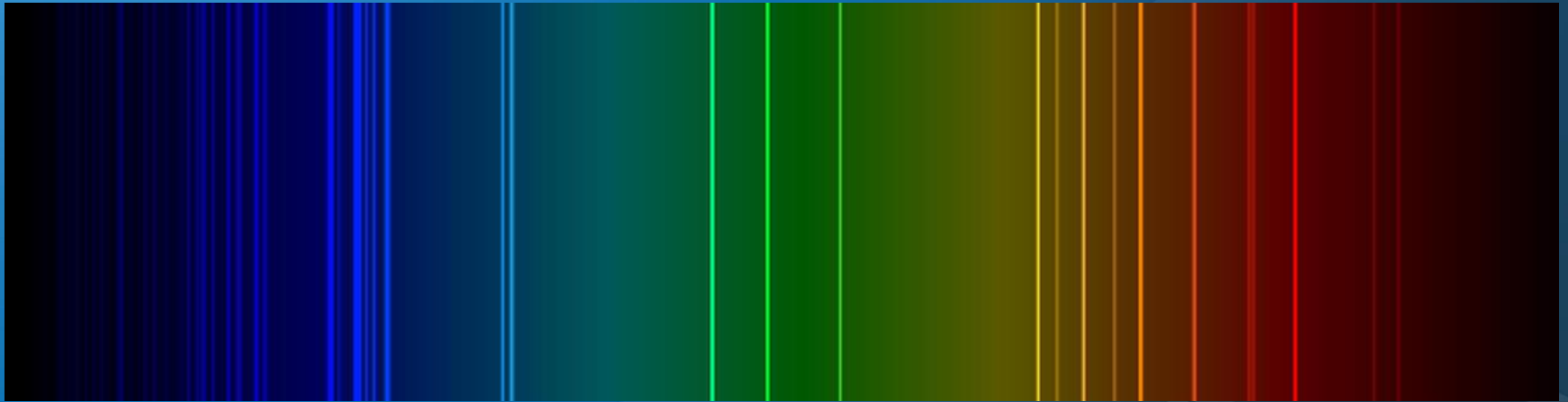


© Éder Iván 2016

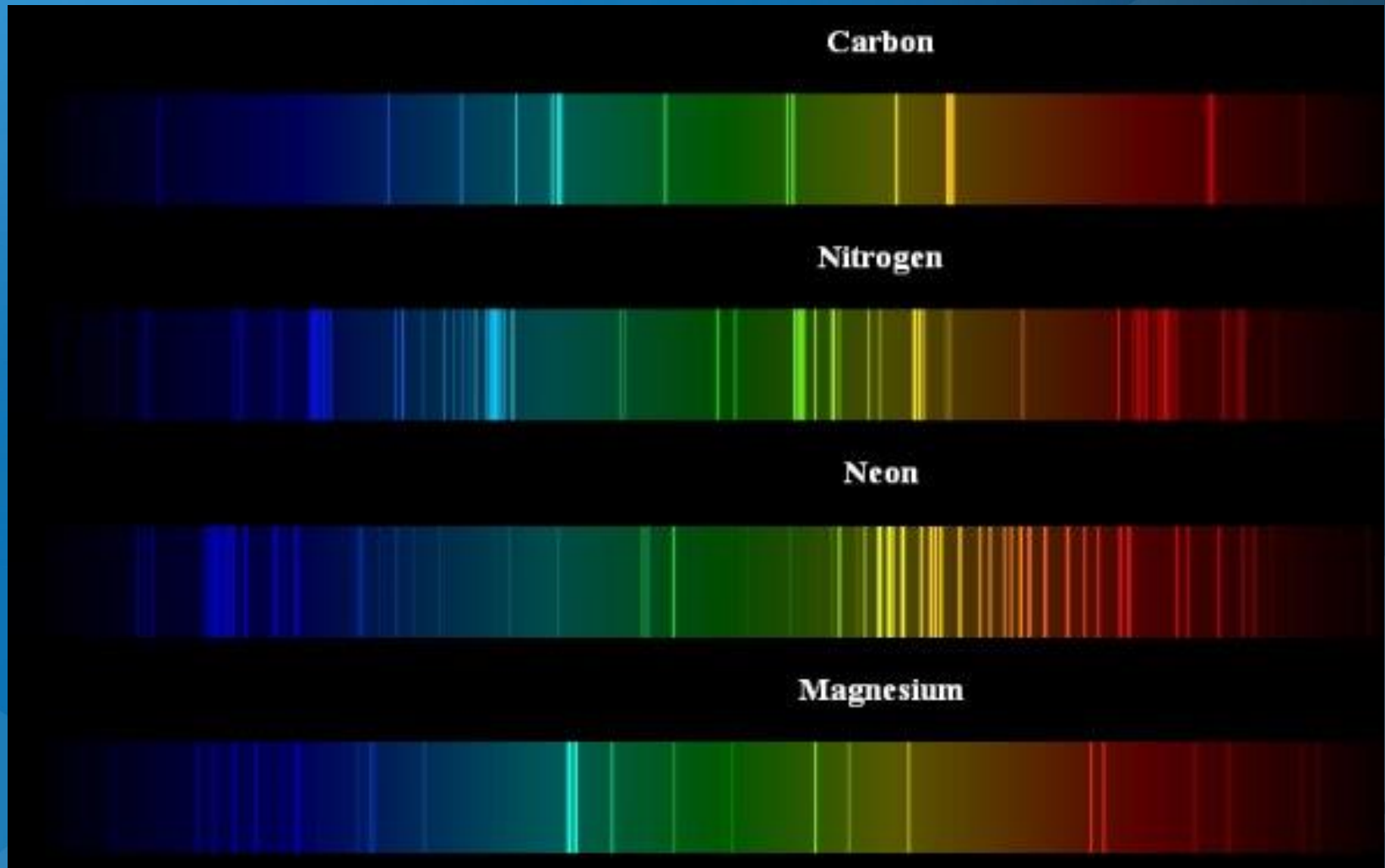
# El caso del oxígeno



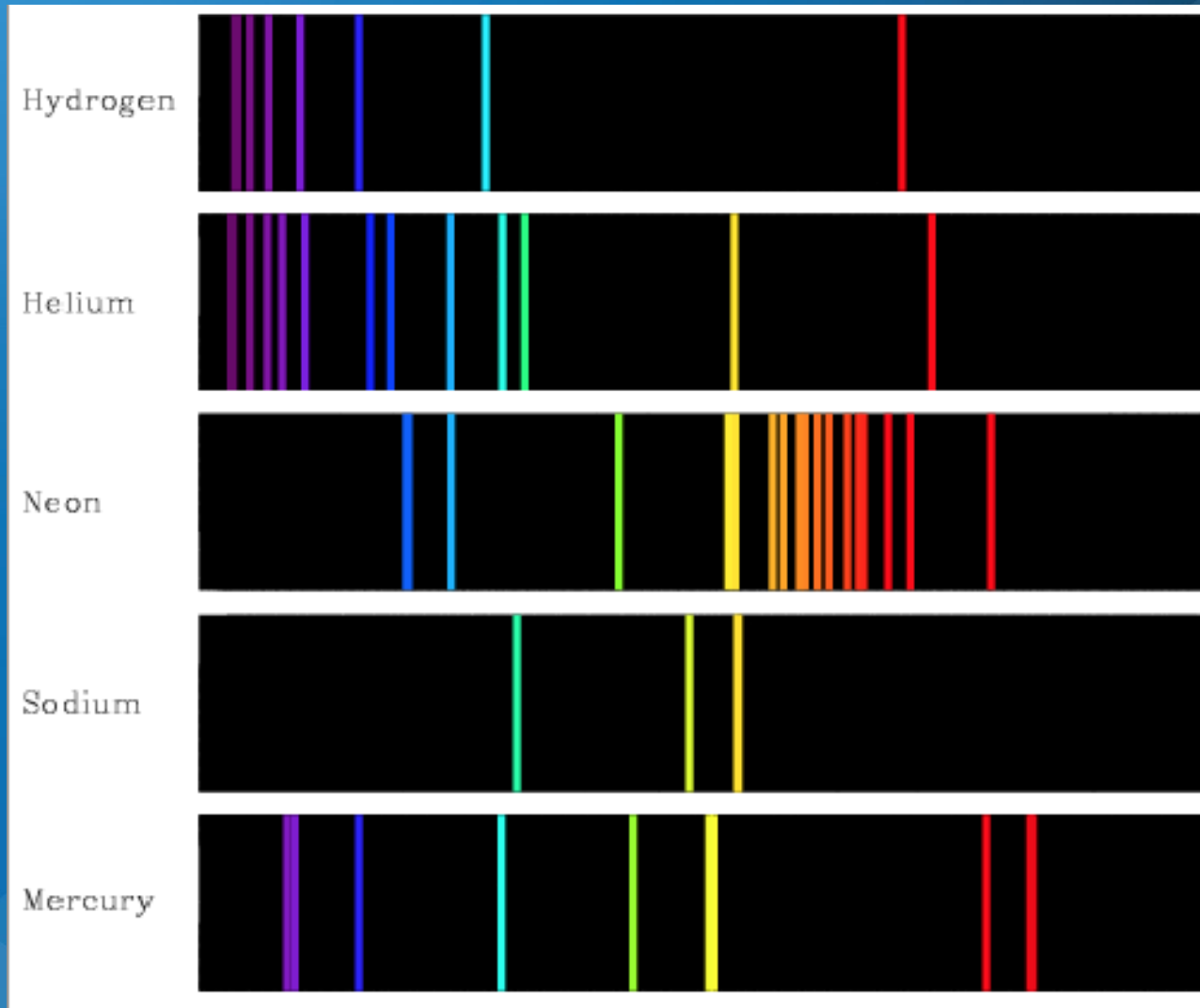
# Espectro de emisión del oxígeno



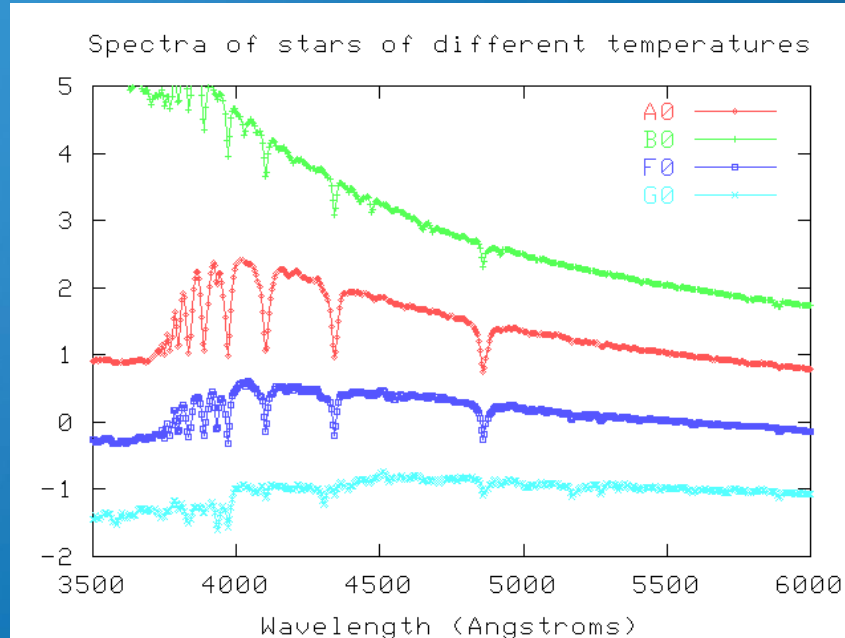
# Otros elementos que suelen observarse



# Espectros de emisión

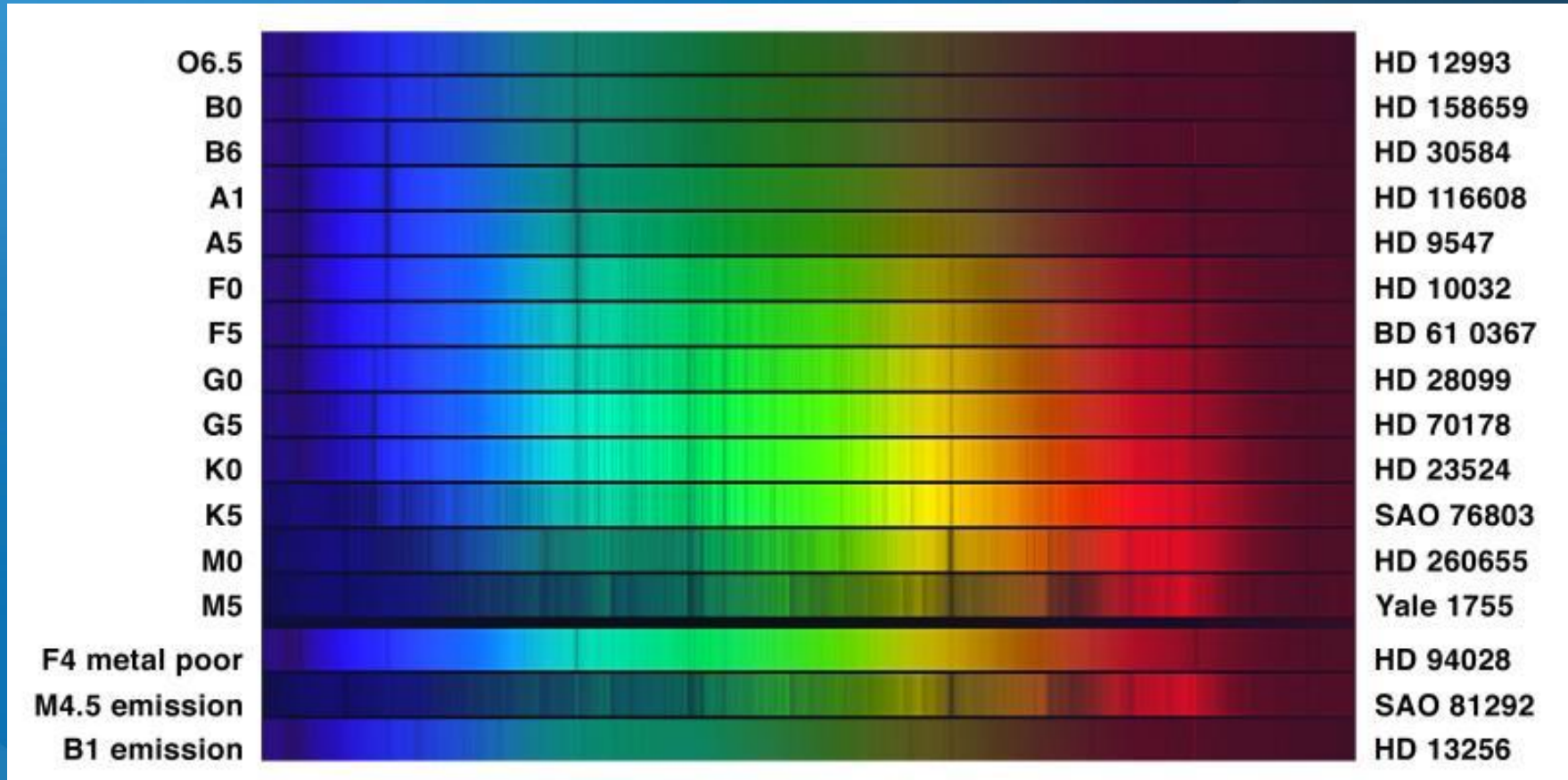




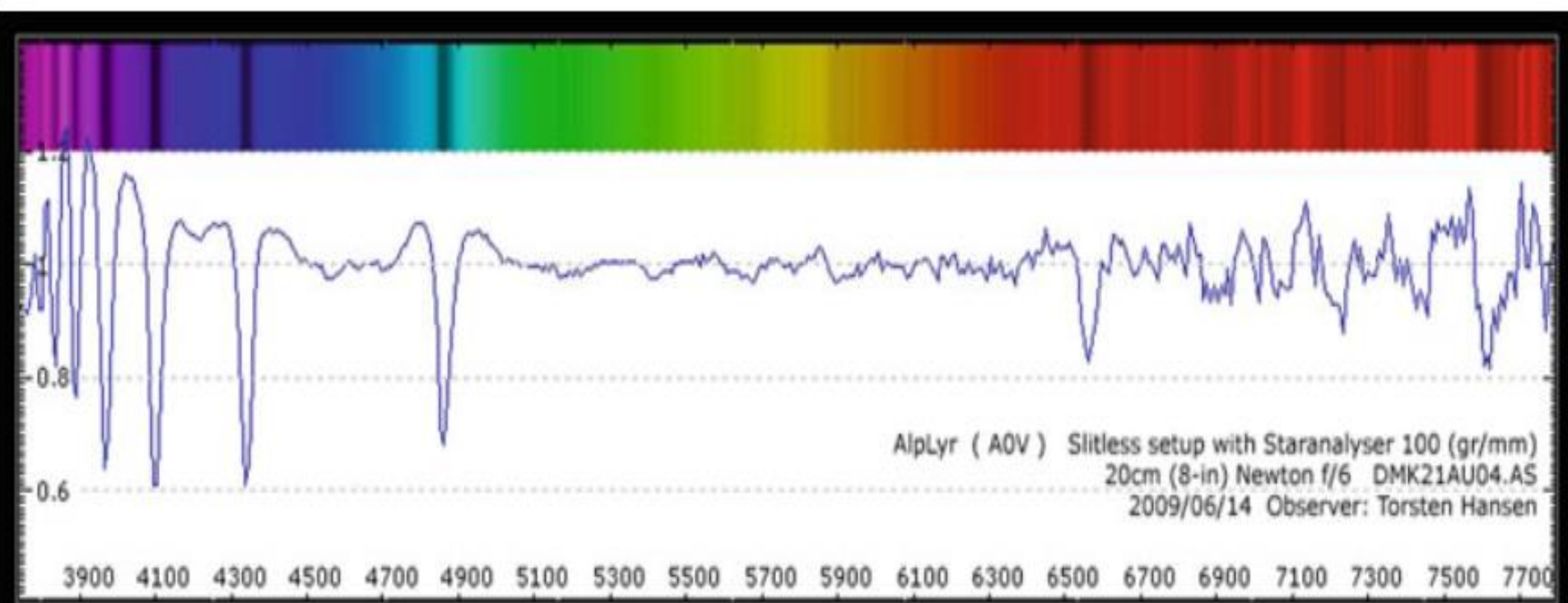


- Acá tenemos varios espectros de estrellas de distinto tipo espectral.
- Las estrellas B0 son tan calientes (35,000 K) que los átomos de oxígeno están siempre en algún estado excitado. Como pocos están en el primer estado de excitación, pocos absorben fotones con esa longitud de onda, y por tanto, esas líneas son débiles.
- Las estrellas A0 están a la temperatura correcta ( $T = 9500$  K) para que la mayoría de los átomos de hidrógeno estén excitados en su primer estado, así que muchos absorben estas longitudes de onda y las líneas son intensas.
- Las estrellas F0 están a una temperatura más baja ( $T = 7300$  K), así que muchos de sus átomos están en su estado basal. Estos átomos no absorben fotones con longitudes de onda de Balmer, y por tanto, esas líneas son débiles.
- Las estrellas G0 son tan frías ( $T = 5900$  K) que pocos de sus átomos están excitados. Esas líneas son muy débiles.

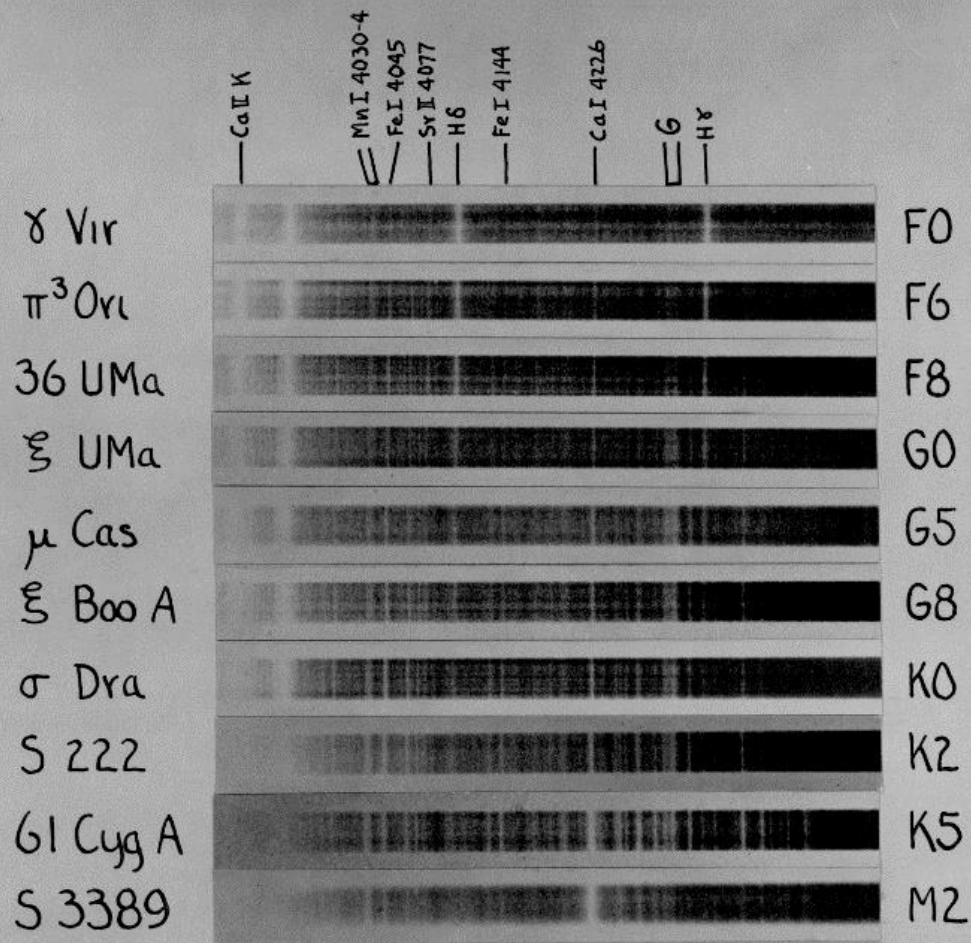
# Las clases espectrales



# El espectro de Vega



# Main Sequence      F0 - M2



All stars illustrated are of luminosity class V  
Cramer Hc-Speed Special.

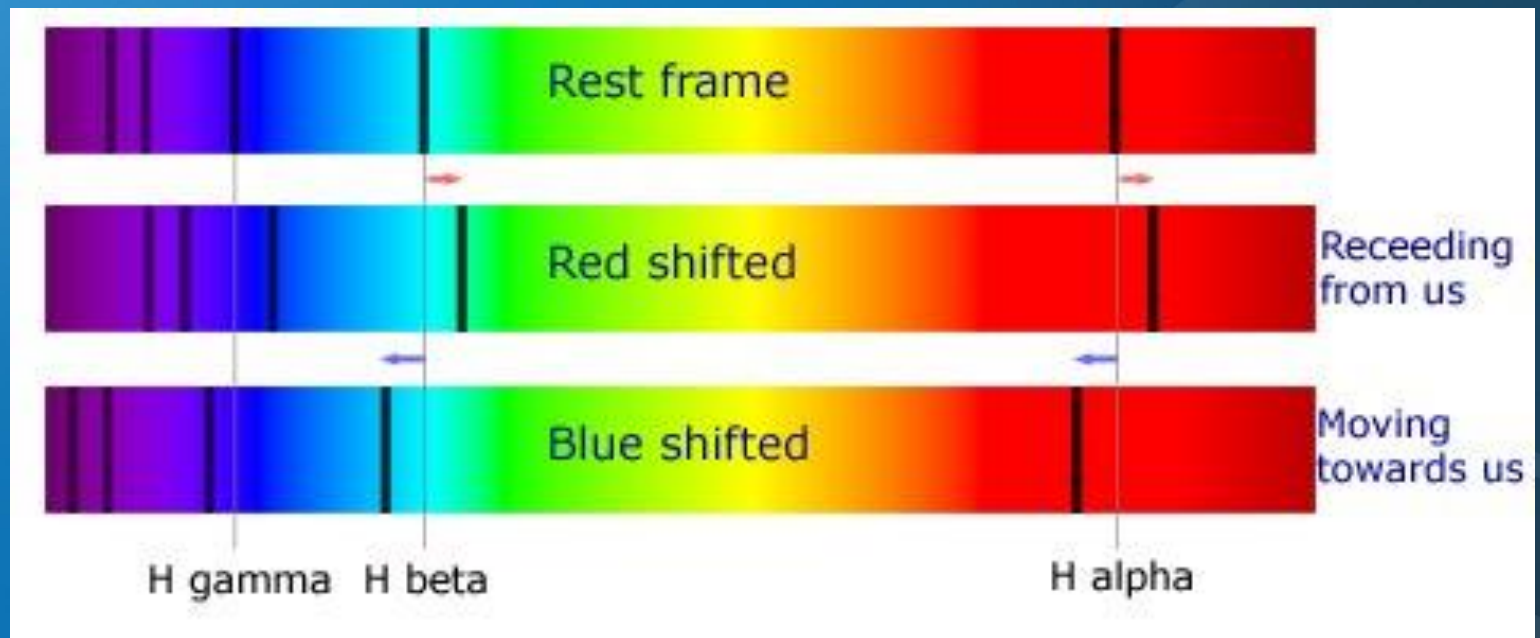
# El efecto Doppler

- Se refiere al desplazamiento de las líneas espectrales debido al desplazamiento de la fuente emisora, ya sea acercándose o alejándose.
- Se representa con un parámetro  $z$  que se suele calcular con

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{(1 + (v\cos\theta/c))}{\sqrt{(1 - (v^2/c^2))}} = z$$

- Para mediciones simples, puede usarse también  
$$\Delta\lambda/\lambda = v/c$$





¡Muchas gracias!

¿Preguntas?

