

Astronomía Extragaláctica – Práctica 3

Propiedades generales de las galaxias

Archivos auxiliares:

1. a) Verifique gráficamente la Ley de Wien para un cuerpo negro a $T = 5800$ K (temperatura de la superficie del Sol). Para ello, grafique la expresión de la Ley de Planck (energía por unidad de tiempo, área, SR y longitud de onda)

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (3.1)$$

para un rango adecuado de λ . Indique en qué zona (color) del espectro electromagnético cae el máximo de la distribución.

- b) Obtenga la expresión equivalente de la Ley de Planck para B_{ν} (energía por unidad de tiempo, área, SR y frecuencia) y grafique en función de ν para la misma temperatura que en el punto **1a**. ¿A qué región espectral corresponde el máximo en este caso?
- c) Comente sobre la aparente discrepancia entre **1a** y **1b**.
- d) Grafique las dos formas de la *distribución espectral de energía* (SED) correspondientes a una planckeana: λB_{λ} vs. $\log(\lambda)$, y νB_{ν} vs. $\log(\nu)$. Verifique que la forma de ambas gráficas es similar, y que el máximo se produce para la misma frecuencia – longitud de onda.
- e) Considere ahora un objeto cuya emisión se puede ajustar mediante una ley de potencias:

$$F_{\nu} = k \nu^{-\alpha}, \quad (3.2)$$

donde k es una constante y $\alpha > 0$ es el índice espectral.

Obtenga la expresión para F_{λ} y grafique para $k = 1$, $\alpha = 2$ (use escala logarítmica para el eje de ordenadas).

- f) Obtenga las expresiones para la SED correspondientes al caso del punto **1e**. Indique cómo son las gráficas que se obtienen para $\log(\lambda F_{\lambda})$ vs. $\log(\lambda)$, y para $\log(\nu F_{\nu})$ vs. $\log(\nu)$.

-
2. En una galaxia a distancia d Mpc, ¿cuál sería la magnitud aparente B de una estrella similar al Sol?

Muestre que para esa galaxia, $1''$ corresponde a $5d$ pc, y que por lo tanto el brillo superficial $\mu_B = 27$ mag arcsec $^{-2}$ equivale a una densidad superficial de $1 \mathcal{L}_{\odot}$ pc $^{-2}$.

Datos:
 $M_{\odot(B)} = 5.48$

3. La densidad de estrellas de tipo s en una galaxia espiral puede representarse en coordenadas cilíndricas galactocéntricas con una doble exponencial:

$$n(R, z, s) = n(0, 0, s) e^{-\frac{R}{r_0(s)}} e^{-\frac{|z|}{h_z(s)}}, \quad (3.3)$$

donde r_0 es la *longitud de escala* y h_z es la *altura de escala*.

Integrado la ecuación 3.3, muestre que a un radio R la densidad superficial de estrellas de tipo S es

$$\sigma(R, s) = 2n(0, 0, s) h_z(s) e^{-\frac{R}{r_0(s)}}.$$

Si cada estrella tiene luminosidad $\mathcal{L}(s)$, el brillo superficial es $I(R, s) = \mathcal{L}(s) \sigma(R, s)$. Suponiendo que tanto r_0 como h_z son iguales para todos los tipos de estrellas, muestre que que la luminosidad total del disco es $\mathcal{L}_D = 2\pi I_0 r_0^2$, donde $I_0 = I(R = 0)$.

Para la Vía Láctea, considerando $\mathcal{L}_D = 1.5 \times 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$ en la banda V y $r_0 = 3$ kpc, muestre que el brillo superficial del disco en los alrededores del Sol ($R = R_0 = 8$ kpc) es $I(R_0) \sim 18 \mathcal{L}_{\odot} \text{pc}^{-2}$.

4. El perfil de brillo en la banda I del disco de la galaxia espiral NGC 7331 puede ajustarse con una exponencial de brillo superficial central $\mu_{0(I)} = 19.4 \text{ mag arcsec}^{-2}$, mientras que el brillo superficial central medido sobre la imagen es $\mu_I(0) = 15.0 \text{ mag arcsec}^{-2}$. En forma similar a lo hecho en el Ej. 2, calcular las densidades superficiales (en $\mathcal{L}_{\odot} \text{pc}^{-2}$) en las regiones centrales del disco y del bulbo de esta galaxia. Ídem para la zona externa del disco ($\mu_I = 25.0 \text{ mag arcsec}^{-2}$). Comparar los resultados entre sí, y comentar.

Datos:
 $M_{I\odot} = +4.08$

5. A partir del perfil de brillo superficial de una galaxia en banda- V , se han determinado su radio efectivo r_e y un cierto radio isofotal r_t que, con buena aproximación, puede considerarse que encierra el flujo total de la galaxia. Contando también con el perfil en banda- I , se han medido los colores $(V - I)_e$ y $(V - I)_t$, usando diafragmas de radios r_e y r_t , respectivamente. En función de este par de colores, obtenga la expresión para el gradiente de color $\Delta(V - I) = (V - I)_e - (V - I)_{\text{out}}$, donde $(V - I)_{\text{out}}$ es el color medido en un anillo de radio interno r_e y radio externo r_t .

6. Considere una galaxia cuyo perfil de brillo se ajusta mediante una ley exponencial, siendo $r_e(V)$ el radio efectivo correspondiente al perfil en banda V . Si el color $(V - I)$ medido a $r_1 = 2 r_e(V)$ es 0.27 mag más azul que el color central, obtenga la relación entre las longitudes de escala correspondientes a los perfiles V e I .

7. Obtenga la expresión del flujo integrado para una galaxia cuyo perfil de brillo se ajusta con la ley de Sérsic:

$$I(r) = I_e \exp \left\{ -b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \right\}. \quad (3.4)$$

Para el caso particular $n = 1$ (ley exponencial) compare el resultado con lo obtenido en el Ej. 3.

Datos:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{x-1} dt$$

8. Para una galaxia cuyo perfil de brillo se ajusta con la ley de Sérsic, obtenga la expresión del flujo integrado hasta un dado radio r .
A partir del resultado, y usando la definición de radio efectivo, obtenga la relación que vincula a los parámetros n y b_n .

Datos:

$$\gamma(a, z) = \int_0^z e^{-t} t^{a-1} dt$$

9. Dada la *función de Schechter*:

$$\Phi(\mathcal{L}) \Delta \mathcal{L} = n_{\star} \left(\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}} \right)^{\alpha} e^{-\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}} \frac{\Delta \mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}, \quad (3.5)$$

generalmente usada para ajustar la función de luminosidad de galaxias:

- Muestre que la densidad de galaxias tiende a cero para $\mathcal{L} \gg \mathcal{L}^{\star}$, mientras que para galaxias de baja \mathcal{L} la densidad numérica crece indefinidamente si $\alpha \simeq -1$, como indican las observaciones.
- Calcule la densidad de luminosidad integrada para $\alpha < 0$, y su valor particular para $\alpha = -1$. Comente qué se esperaría si $\alpha \gtrsim -2$.
- A partir de la Ec. 3.5 obtenga la expresión de la función de luminosidad en magnitudes.

