

Astronomía Extragaláctica 2025 – Práctica 3

Propiedades generales de las galaxias

- 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 $\sim 5 d$ pc.
 - Suponga que en una dada región del cielo, cuya área es de 1 arcsec^2 , hay n objetos de tipo solar. Encuentre la manera de relacionar el brillo superficial μ y la densidad superficial de objetos Σ . El brillo superficial más bajo que puede detectarse con observaciones desde la Tierra en la banda B es de $\mu_B = 27 \text{ mag arcsec}^{-2}$. Encuentre a qué valor de densidad superficial Σ corresponde.

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

-
2. La densidad de estrellas de tipo s en una galaxia espiral puede representarse en coordenadas cilíndricas galactocéntricas con una doble exponencial, de la forma:

$$n(R, z, s) = n(0, 0, s) e^{-\frac{R}{r_0(s)}} e^{-\frac{|z|}{h_z(s)}}, \quad (3.1)$$

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

Integre la ecuación 3.2, y muestre que la densidad superficial de estrellas de tipo s a un radio R es

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

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

2ASTRONOMÍA EXTRAGALÁCTICA 2025 – PRÁCTICA 3. PROPIEDADES GENERALES DE LAS GALAXIAS

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

3. 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 $\mu_{0(I)} = 19.4 \text{ mag arcsec}^{-2}$. Por otra parte, el brillo superficial central medido sobre una imagen de dicha galaxia es $\mu_I(0) = 15.0 \text{ mag arcsec}^{-2}$.

Utilice un procedimiento similar al del Ej. 1 para calcular las densidades superficiales (en $\mathcal{L}_\odot \text{pc}^{-2}$) en las regiones centrales del disco y del bulbo de esta galaxia, y para la zona externa del disco ($\mu_I = 25.0 \text{ mag arcsec}^{-2}$). Comparar los resultados entre sí, y comentar.

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

4. 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 (es decir, $k = \frac{r_{0(V)}}{r_{0(I)}}$).

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

$$I(r) = I_e \exp \left\{ -b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \right\}. \quad (3.2)$$

Para el caso particular $n = 1$ (ley exponencial) compare el resultado con lo obtenido en el Ej. 2.

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

6. 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:
 $\gamma(a, z) = \int_0^z e^{-t} t^{a-1} dt$

7. Dada la *función de Schechter*:

$$\Phi(\mathcal{L})\Delta\mathcal{L} = n_{\star} \left(\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}} \right)^{\alpha} e^{-\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}} \frac{\Delta\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}, \quad (3.3)$$

la cual es usualmente utilizada para describir la función de luminosidad de galaxias:

- a) Muestre que, si $\alpha < 0$, la densidad de galaxias tiende a cero para $\mathcal{L} \gg \mathcal{L}^{\star}$.
- b) Calcule la densidad numérica total de galaxias. dicuta el caso $\alpha \simeq -1$ ¹.
- c) Calcule la densidad de luminosidad integrada para $\alpha < 0$, y su valor particular para $\alpha = -1$. Comente qué se esperaría si $\alpha \gtrsim -2$.

8. Diagramas color-magnitud para las galaxias del cúmulo de Coma **en Topcat**:

- a) Utilice los datos del trabajo de [Eisenhardt et al. \(2007\)](#), correspondientes a las **Tablas 1, 2 y 9**.
- b) Fusionar las 3 tablas en una única tabla que contenga los parámetros más importantes: identificación de los objetos, corrimiento al rojo (o equivalente), magnitudes, colores, tipo morfológico. **Importante:** Topcat no lee espacios en blanco.
- c) Construya los diagrama (V-I) vs. I, (B-V) vs. I y (U-B) vs. I, y compare con los diagramas de la Figura 3 del trabajo.
- d) Compare los índices de color obtenidos en los diagramas con la información de la Fig. 3.2. Evalúe los rangos de colores en cada caso.
- e) Identifique las galaxias del diagrama con su respectivo tipo morfológico. ¿Hay alguna característica para resaltar?
- f) Identifique las galaxias para las cuales no se ha determinado el corrimiento al rojo. Compare el diagrama obtenido con la Fig. 4 del trabajo de Eisenhardt et al. (2007). Comentar.
- g) Repita los incisos anteriores usando M_I , donde M_I será la magnitud absoluta en la banda I. Utilice las distancias de luminosidad. ¿Qué observa respecto a la distribución de puntos? ¿Y respecto de los tipos morfológicos?
- h) Calcular los colores (V-I), (B-V) y (U-B) para las 3 SSP y para la CSP utilizadas en la Práctica 2 (sistema Vega). Volcar estos resultados en los diagramas anteriores e interpretar.

¹Blanton et al., 2003, ApJ, 592, 819

- i) Calcular el color (g-i) en el sistema AB para las 3 SSP y para la CSP utilizadas en la Práctica 2 y volcar los resultados en la Fig. 3 de Gavazzi et al. (2010). Interpretar. La figura muestra el diagrama color-magnitud para las galaxias pertenecientes a la Gran Pared.
- j) Discutir los resultados obtenidos y compararlos conceptualmente con los de la Fig. 3.3, tomada de Schawinski et al. (2014). Esta figura muestra un diagrama **color (u-r) vs. masa estelar** para un conjunto de galaxias limitado en corrimiento al rojo en el rango $0.02 < z < 0.05$. ¿Qué relación hay entre la información provista por este diagrama y el de Gavazzi et al. (2010), y el resultado del Ej. 4?

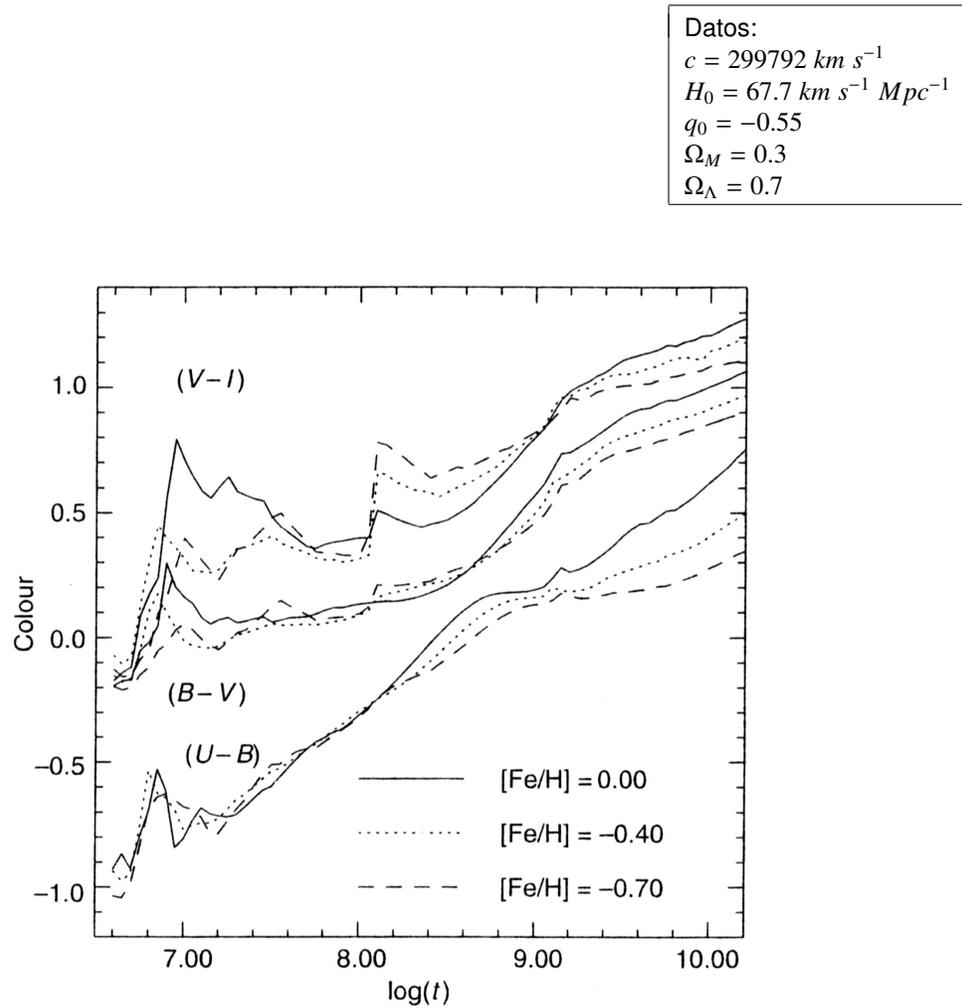


Figura 3.1: Colores integrados (V-I), (B-V) y (U-B) de poblaciones estelares simples (SSP) para tres valores arbitrarios de metalicidad, en función de la edad de la SSP. (Fig. 11.4 de *Evolution of stars and stellar populations*; Salaris & Cassisi).

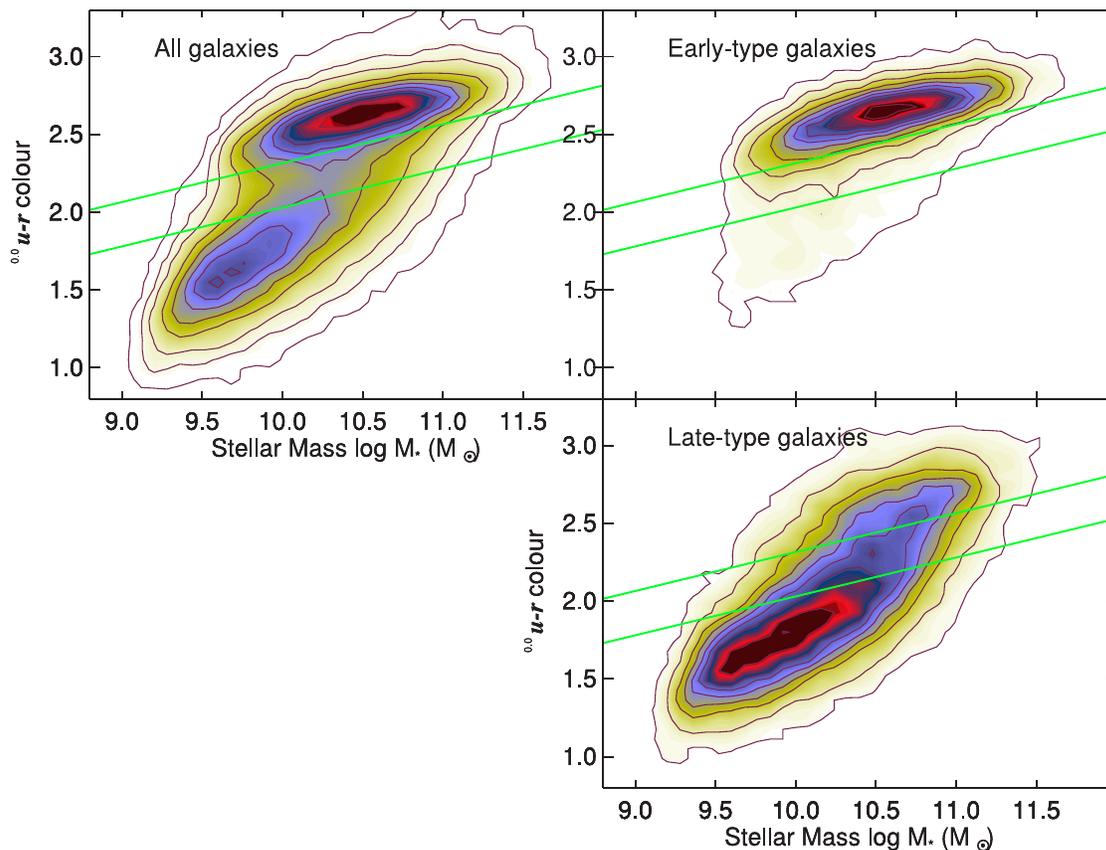


Figura 3.2: Diagrama color-masa estelar de Schawinski et al. (2014; fig. 2). La muestra de objetos, seleccionada en el rango de corrimiento al rojo $0.02 < z < 0.05$, está clasificada morfológicamente por el proyecto Galaxy Zoo. El diagrama de la izquierda está formado por la muestra completa de objetos, y allí se observa claramente la bimodalidad en esta distribución de colores. Los diagramas de la derecha están compuestos únicamente por galaxias tempranas (E, S0; arriba), y galaxias tardías (S, en general; abajo). Los colores indican el nivel de concentración de objetos en cada región, de cada diagrama. La estructura caracterizada por los colores más rojos ($2.2 \lesssim u - r \lesssim 3$) se conoce como la Secuencia Roja, dominada por galaxias tempranas. La estructura formada predominantemente por galaxias tardías, y caracterizada por un rango de color mucho más amplio se conoce como la Nube Azul. Las líneas de color verde delimitan (arbitrariamente) la región del Valle Verde, compuesta por *objetos transicionales* entre los tipos temprano y tardío. Notar que el concepto del Valle Verde sólo tiene sentido de aplicarse en el diagrama donde la bimodalidad es evidente, es decir, cuando la muestra no está restringida de acuerdo a la morfología de los objetos.