

Astronomía Extragaláctica 2025 – Práctica 4

Galaxias Espirales y Elípticas



1. Considere la distribución esférica de densidad ρ_H (“halo oscuro”) dada por:

$$4\pi G \rho_H(r) = \frac{v_H^2}{r^2 + a_H^2} \quad (4.1)$$

donde v_H y a_H son constantes.

¿Cuál es la masa $M(r)$ contenida dentro del radio r ?

La velocidad de una partícula situada a la distancia r del centro de la distribución de masa estará determinada por la aceleración centrípeta que sufra la partícula, bajo la atracción gravitatoria de la masa $M(r)$ (movimiento circular). Muestre que la velocidad en función del radio r es:

$$v^2(r) = v_H^2 \left[1 - \frac{a_H}{r} \arctan\left(\frac{r}{a_H}\right) \right] \quad (4.2)$$

Grafique la curva de rotación dada por la Ec. 4.2.

2. Considere que los discos estelares de las galaxias S se ajustan con una ley exponencial:

$$I_D(r) = I_0 e^{-\left(\frac{r}{r_0}\right)} \quad (4.3)$$

donde I_0 es la intensidad central y r_0 es la longitud de escala.

- Obtenga las expresiones que vinculan al radio isofotal r_{iso} con el brillo superficial central (μ_0 en mag arcsec^{-2}) y con la magnitud aparente integrada m_T .
- Con las expresiones anteriores, adopte la isofota $\mu = 24 \text{ mag arcsec}^{-2}$ para generar un gráfico r_{iso} vs. r_0 con las familias de curvas que surgen de considerar:
 - $\mu_0 = \text{constante}$
 - $m_T = \text{constante}$
- Obtenga analíticamente el valor de μ_0 para el cual el radio isofotal es máximo, (dada una cierta magnitud integrada) y compare con el gráfico anterior.
¿Cómo se relaciona este último resultado con la Ley de Freeman?

3. A partir de la curva de rotación dada por la Ec. 4.2, y considerando que el disco de la galaxia se observa con una inclinación $i = 30^\circ$, dibuje el *diagrama de araña* de las velocidades radiales, con contornos para $v_{\text{rad}} = \pm 0.2, \pm 0.4, \pm 0.6, \text{ y } \pm 0.8 v_{\text{H}} \sin(i)$.
-

4. Considere una galaxia espiral, y suponga que la contribución del bulbo puede despreciarse. La masa \mathcal{M} de esa galaxia espiral puede expresarse mediante:

$$\mathcal{M} \propto v_{\text{max}}^2 r_0.$$

que, a su vez, representa la masa del disco. Por otra parte, de acuerdo a la Ley Exponencial, la luminosidad del disco es $\mathcal{L} = 2\pi I_0 r_0^2$ (Ver Práctica 3). Muestre que, con esta expresión, y suponiendo que la relación \mathcal{M}/\mathcal{L} y el brillo superficial central I_0 son constantes, se deduce la relación de Tully-Fisher: $\mathcal{L} \propto v_{\text{max}}^4$.

Para galaxias LSB no vale la ley de Freeman ($\mu_{0(B)} \simeq 21.7 \text{ mag arcsec}^{-2}$), porque tienen I_0 menores. Dado que estas galaxias cumplen la misma relación de Tully-Fisher, muestre que sus relaciones \mathcal{M}/\mathcal{L} deben ser mayores que para galaxias de disco “normales”.

5. Si se ajusta una isofota con una elipse descripta por la ecuación:

$$x = a \cos t ; \quad y = b \sin t \quad (4.4)$$

los residuos entre la elipse ajustada y la isofota, medidos en dirección radial, pueden describirse según la expresión:

$$\Delta r(t) \simeq \sum_{k \geq 3} a_k \cos(kt) + b_k \sin(kt). \quad (4.5)$$

Muestre que los coeficientes a_k y b_k con $k = 0, 1, 2$ deberían anularse al hacer el ajuste.

Discuta a qué tipo de distorsiones corresponde cada uno de los coeficientes a_k y b_k , con $k = 3$ y $k = 4$.

Grafique para $k = 1, \dots, 4$. Para el caso de a_4 considere coeficientes positivos y negativos ($a_4 > 0$ y $a_4 < 0$).

Sugerencias:

- Grafique una elipse con razón de semiejes entre 0.4 y 0.6
 - Para una mejor visualización considere coeficientes a_k y b_k del orden del 2% al 5% del valor adoptado para el semieje mayor a .
-

6. Utilice el teorema del virial para encontrar la relación entre la masa, el radio efectivo, y la dispersión de velocidades de una galaxia E. Obtenga a partir de allí una expresión aproximada a la que describe el “Plano Fundamental” de las galaxias elípticas. Comente sobre las diferencias entre los coeficientes hallados de esta forma y los que surgen del ajuste a las observaciones.
-

7. La Luminosidad integrada del perfil de Sérsic, en función del radio efectivo es

$$\mathcal{L} = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n \Gamma(2n)$$

Suponga, por simplicidad, que para un dado conjunto de galaxias elípticas, el parámetro de Sérsic (n) no cambia significativamente. Esto implica que $\mathcal{L} \propto I_e r_e^2$.

Bajo esta hipótesis y usando la relación entre la masa, el radio efectivo, y la dispersión de velocidades para las galaxias E obtenida en el ejercicio 6, muestre que si I_e es aproximadamente constante, se obtiene la relación de Faber-Jackson.

Este resultado, ¿es válido para distintos tipos de galaxias elípticas?
