

Práctica Nro. 3

“Materia oscura del halo galáctico”

NOMBRE: _____

FECHA DE ENTREGA: _____

Objetivos

Estimaremos la masa de la galaxia NGC 2742 por dos métodos diferentes: uno basado en la curva de rotación de la galaxia (método “gravitacional”), y otro basado en la luminosidad de la galaxia. Compararemos ambos resultados para determinar la razón entre la materia oscura y la visible, y discutiremos los posibles candidatos a materia oscura.

PARTE I: Estimación de la masa de la galaxia NGC 2742 en base a su curva de rotación

DATOS:

1. Imagen de la galaxia NGC 2742
2. Curva de rotación de NGC 2742

PROCEDIMIENTO:

1. Determine la **elipticidad** de la galaxia, dada por $\epsilon = b/a$, siendo b y a los semiejes menor y mayor, respectivamente, de una elipse que encierra al contorno de la galaxia (Fig.1).

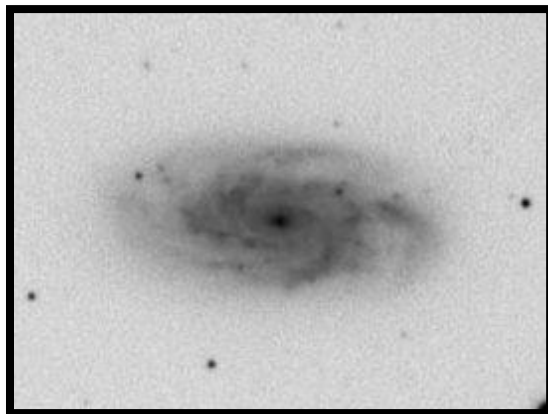


Figura 1: imagen de la galaxia espiral NGC 2742.

OPCIONAL: Puede utilizar los siguientes comandos de MatLab para determinar (aproximadamente) los ejes de la elipse:

- `A = imread('NGC2742.jpg','jpg'); imagesc(A); % Leo la imagen y la despliego en pantalla`
- `[x y] = ginput; % Marco los extremos del diámetro mayor y del diámetro menor.`
- `A = sqrt((x(1)-x(2))^2+(y(1)-y(2))^2) % Calculo el diametro mayor`
- `% Idem para el menor`

R.: $\varepsilon =$ _____

2. Calcule la **inclinación** de la galaxia (la cual se define como el ángulo formado por la normal al plano galáctico con la visual). Para ello aplique la fórmula:

$$(\cos i)^2 = \frac{(1 - \varepsilon)^2 - q_0^2}{1 - q_0^2}$$

siendo q_0 la razón de **achataamiento intrínseco**. Para esta galaxia supondremos $q_0 = 0.18$.

R.: $i =$ _____

3. En la Fig. 2 se muestra la **curva de rotación de la galaxia**: gráfica de las velocidades radiales de las estrellas (en km/s) en función de la distancia angular α al centro galáctico (en segundos de arco). Sabiendo que la distancia a la galaxia es $d = 19.8$ Mpc **determine las distancias lineales R (en kpc)** para las distancias angulares indicadas en la Tabla 1. **Anote todos los resultados en el cuadro 1 (página 8)**. Recuerde que los cálculos deben hacerse con los ángulos expresados en radianes ($1 \text{ rad} = 206265''$).
4. Para cada valor de la distancia radial R, **interpole el valor correspondiente a la velocidad radial v_r** .
5. **Calcule la velocidad tangencial v** a partir de la velocidad radial. Para ello considere que la velocidad tangencial se mide sobre el plano galáctico, cuya normal está inclinada respecto a la visual en un ángulo i ya determinado en la parte 2. La relación entre ambas velocidades estará entonces dada por:

$$v = \frac{v_r}{\sin i}$$

6. Para cada valor de R, calcule la masa M_G encerrada por el radio. Para ello, aplicando la ley de gravitación universal de Newton y la segunda ley de la dinámica de Newton, obtenemos la siguiente relación:

$$M_G = \frac{v^2 R}{G}$$

siendo $G = 4.31 \times 10^{-6} \text{ kpc km}^2 M_{\text{sol}}^{-1} \text{ s}^2$ la constante de gravitación universal.

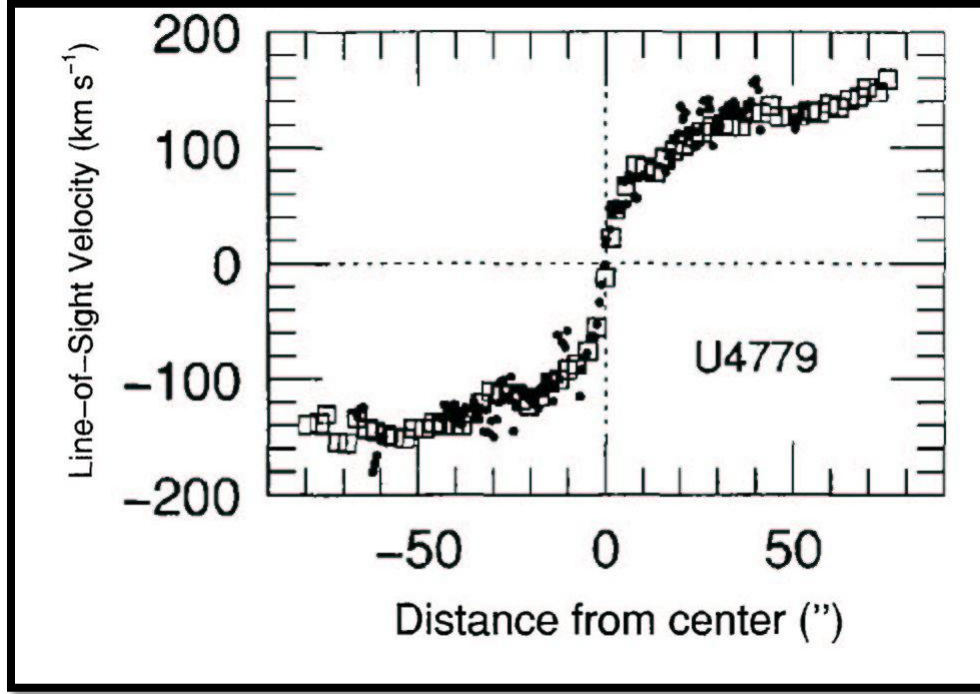


Figura 2: Curva de rotación de NGC 2742. En el gráfico se muestra la velocidad radial (componente de la velocidad en la dirección de la visual) en función de la distancia al centro galáctico (segundos de arco). Se puede ver que un lado se mueve con velocidad positiva (se aleja de nosotros) y otro con velocidad negativa (se acerca a nosotros), debido a la rotación del disco en torno al centro galáctico. Las velocidades radiales se obtienen a partir del análisis del espectro de la galaxia, donde las líneas espectrales aparecen desplazadas hacia el rojo (para la rama que se aleja a nosotros) o hacia el azul (para la rama que se acerca), debido al efecto Doppler.

PARTE II: Estimación de la masa de la galaxia NGC 2742 en base a su luminosidad

Para una galaxia espiral, la intensidad de la radiación o brillo superficial I se puede aproximar por la siguiente ley exponencial:

$$I = I(R) = I_0 e^{\frac{-R}{h}}$$

siendo R la distancia al centro galáctico (como antes), I_0 la intensidad en el centro galáctico, y h la distancia a la cual la intensidad decae por un factor e^{-1} respecto al valor central.

La luminosidad $L(R)$ al interior de R se obtiene integrando $I(R)$ en el disco de radio R :

$$L(R) = \iint I ds = \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^R I(R') R' dR' = 2\pi I_0 h^2 \left[1 - \left(1 + \frac{R}{h} \right) e^{-\frac{R}{h}} \right]$$

donde $h = 3.8 \text{ kpc}$, $I_0 = 6.725 \times 10^7 L_{\text{sol}} \text{ kpc}^{-2}$.

1. Grafique la luminosidad total de la galaxia en función de la distancia al centro (R), dada por la expresión anterior. Ponga título a la gráfica y nombre a los ejes, indicando las unidades. **Guarde la gráfica pues deberá adjuntarla con el informe.**
2. En el cuadro 1 anote la luminosidad total L al interior de cada radio R .
3. Una estrella como nuestro Sol produce $1 L_{\text{sol}}$ por cada M_{sol} . Estrellas más masivas que el Sol producen una luminosidad mucho mayor, mientras que las menos masivas generan una luminosidad mucho menor (la luminosidad de una estrella crece aproximadamente en forma directamente proporcional al cubo de su masa). Las estrellas menos masivas son mucho más numerosas que las más masivas, pero estas últimas producen la mayor parte de la luminosidad de una galaxia. **Asumiremos una relación masa-luminosidad para la galaxia dada por $M_L/L \cong 2$ (en unidades solares).** Con este dato convierta las determinaciones de luminosidad en masa, anotando los valores correspondientes en el Cuadro 1 (en la columna de Masa Luminosa o Visible = M_L).

PARTE III: Comparación de los resultados: Masa Total vs. Masa Visible

1. Superponga en un mismo gráfico la masa total M_G (es decir, la calculada por el método gravitacional) y la masa visible M_L en función de la distancia al centro (R). Ponga título a la gráfica y nombre a los ejes, indicando las unidades. Utilice leyendas para identificar cada curva. **Guarde la gráfica pues deberá adjuntarla con el informe.** Note que si bien la masa visible no crece para grandes distancias, en cambio la masa total sí lo hace.
2. Determine la razón entre masa total y masa visible a la mayor distancia al centro (indique también la distancia utilizada).

R.: _____

3. ¿Cuál sería la fracción de *materia oscura*, de acuerdo al resultado anterior?

R.: _____

4. ¿Por qué no se pueden aplicar las técnicas anteriores a las siguientes galaxias?

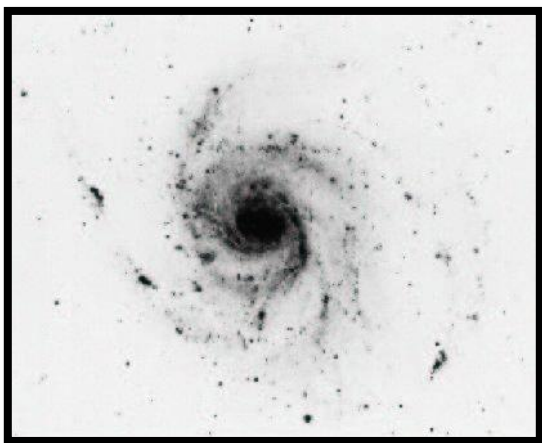


Figura 3 (a): M101 (galaxia del Molinete)

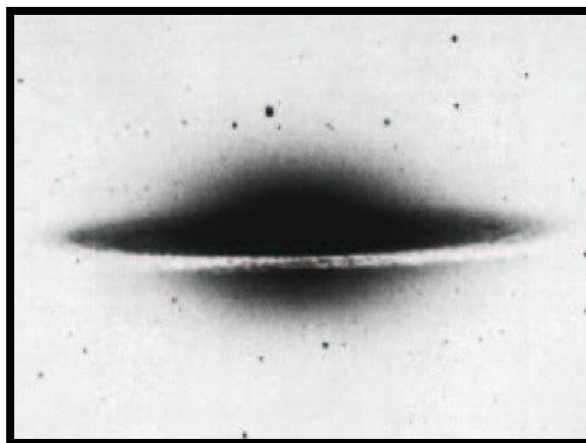


Figura 3 (b): M104 (galaxia del Sombrero)

R.: _____

5. Discuta cuales podrían ser los posibles candidatos para explicar la materia oscura del halo galáctico.

R.:

α (")	R (kpc)	v_r (km/s)	v (km/s)	M_G (M_{sol})	L (L_{sol})	M_L (M_{sol})
10						
20						
30						
40						
50						
50						
70						

Cuadro 1: Resumen de resultados

Resumen de la práctica

(Resuma la práctica en la siguiente carilla indicando: los objetivos, la metodología utilizada para alcanzarlos, y los resultados obtenidos. Analice los resultados y discuta si se cumplieron o no los objetivos planteados. Destaque lo que a su juicio han sido los conocimientos más importantes aprendidos).

