

Astronomía Galáctica y Extragaláctica 2025

Segundo Parcial

Para todo el parcial suponga que $R_{\odot} = 8\text{kpc}$ y $z_{\odot} = 0$, la velocidad peculiar del Sol respecto del LSR es $(U_{\odot}, V_{\odot}, W_{\odot})_{LSR} = (11, 12, 7)$ km/s y la velocidad del LSR es $V_{LSR} = 240$ km/s respecto del GSR. **En todo el parcial** usaremos la notación (R, z, ϕ) y (r, φ, θ) para las coordenadas cilíndricas y esféricas galactocéntricas, respectivamente.

Ayuda: El operador Laplaciano en coordenadas esféricas tiene la forma:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2}$$

1. En todo lo que sigue, suponga órbitas circulares y contenidas en el plano medio del disco Galáctico.

- a. Demuestre que la velocidad radial (heliocéntrica) de una estrella observada a una longitud galáctica l está dada por

$$V_r = R_{\odot} (\Omega - \Omega_{\odot}) \sin(l)$$

donde $\Omega, \Omega_{\odot}$ son las velocidades angulares galactocéntricas de la estrella y el Sol, respectivamente.

- b. La Fig. 1 muestra el perfil de velocidades radiales del gas de la Vía Láctea en la dirección $l = 30^\circ$. Use el método del punto tangente para calcular la velocidad circular del gas y el radio correspondiente. Explique su procedimiento y suposiciones.
- c. En la parte del disco exterior al radio solar el método del punto tangente no es aplicable. En este caso, infiera la distancia d (heliocéntrica) a una nube molecular ubicada en $(l, b) = (195^\circ, 0^\circ)$ cuya velocidad radial heliocéntrica es de $V_r = -50$ km/s, sabiendo que la curva de rotación es constante más allá de $R_{\odot}$ y tiene un valor de 240 km/s.

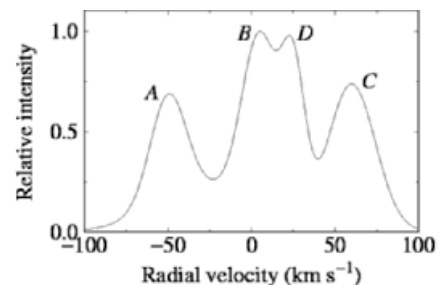


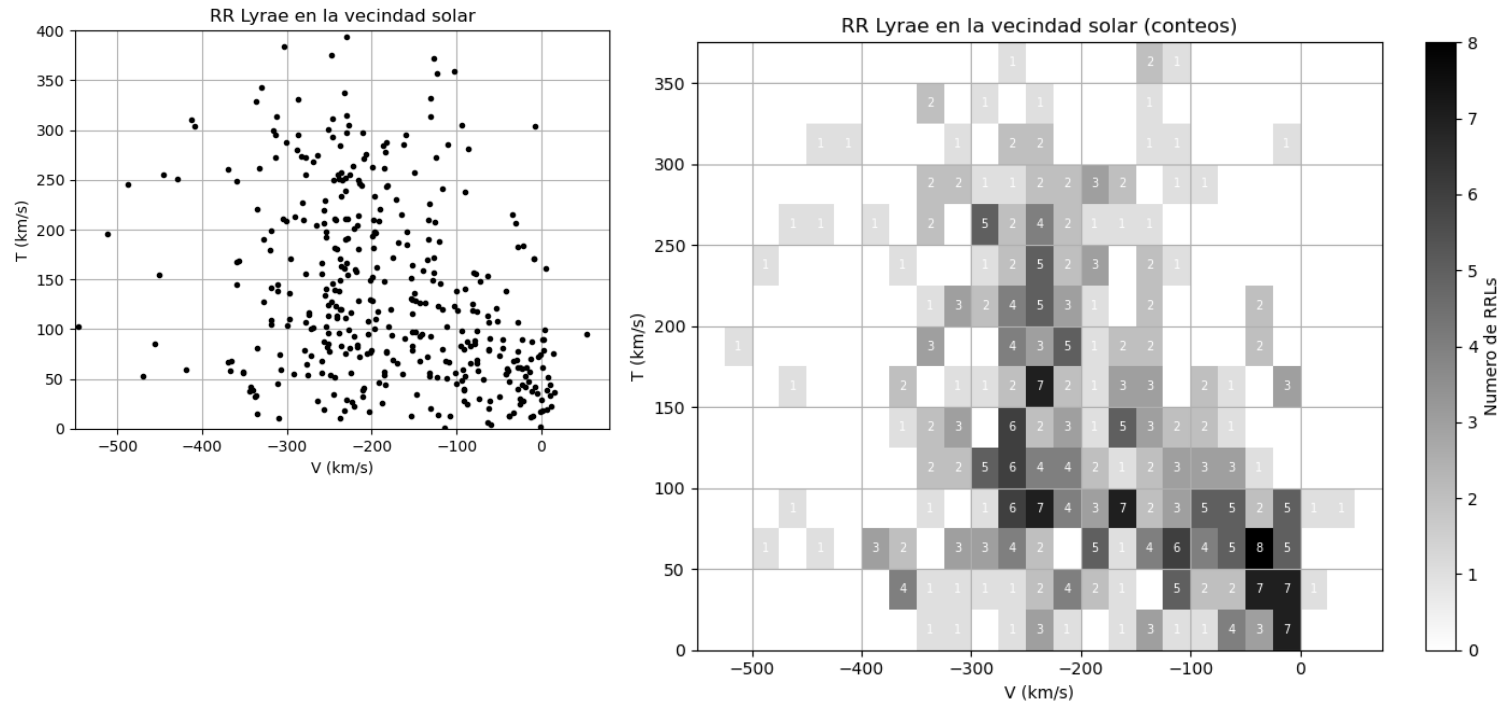
Fig. 1 Perfil de velocidad radial heliocéntrica del gas

2. Considere un potencial logarítmico sencillo de la siguiente forma:

$$\Phi(r) = C \ln\left(\frac{r}{a}\right) \quad (1)$$

- a. Obtenga la forma del perfil de densidad de masa $\rho(r)$, la masa encerrada $M(< r)$ como función del radio y la forma de la curva de rotación $V_c(R)$ correspondientes a este potencial. Expresé las constantes C, a en términos del radio solar y la velocidad circular a dicho radio. Discuta cómo se comparan los resultados de este modelo con la curva de rotación observada en la Vía Láctea.
 - b. Discuta brevemente el comportamiento asintótico de la masa y el perfil de densidad como función del radio y diga qué componente(s) galáctica(s) podría(n) ser descrita(s) por este potencial.
3. Un tema actual de interés es qué tan vieja es y cuánta masa tiene la población más vieja del disco delgado. Veamos.
- a. En Gallart2024 se obtuvo que dentro de un radio de 100pc del sol hay una masa de $M_0 = 4 \times 10^4 M_\odot$ para la población de edad ≥ 10 Gaños del disco delgado. Calcule la masa total de esta población en todo el disco delgado, sabiendo que éste sigue un perfil de densidad exponencial con $h_R = 3\text{kpc}$ y $h_z = 400\text{pc}$ para una población de esa edad. Ayuda: puede suponer uniformidad *local* pero no global de la densidad.
 - b. Por otro lado, esta masa se puede inferir también en base a las observaciones de nuestras estrellas preferidas, las RR Lyrae. En la Figura 1 se muestra el diagrama de Toomre de las RR Lyrae dentro de 0.5kpc del radio solar. Use estos datos para hacer una selección cinemática y contar el número de RR Lyrae del disco delgado. Recuerde indicar su selección en el diagrama. Calcule la *densidad superficial* de RRLs en el radio solar, suponiendo que la muestra es 12.5% completa (sólo 1 de cada 8 estrellas tiene medidas de velocidad radial). Calcule la masa total del disco delgado sabiendo que, para su metalicidad típica, se producen aproximadamente 1 RR Lyrae por cada $10^5 M_\odot$.
 - c. Compare ambos estimados y discuta brevemente.

Figura 1



Puntajes								
Parte	Pts		Parte	Pts	Nota	Parte	Pts	Nota
1a	3		Masa	3		3a	5	
1b	4		Rho	4		3b	5	
1c	4		Vc	4		3c	1	
			2d	2				
Total 1	11		Total 2	13		Total 3	11	
TOTAL	35							