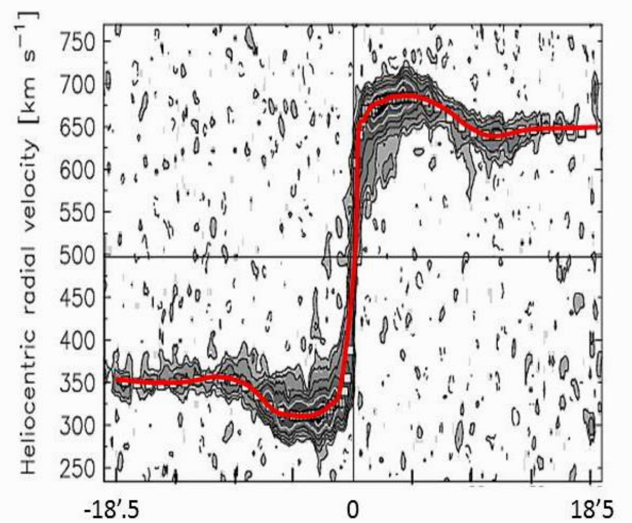
Olimpiadi Italiane di Astronomia 2020

Corso di preparazione alla Finale Nazionale

Prova Pratica – Rotazione e massa di una galassia a spirale



Nella figura a sinistra sono mostrati i valori della velocità di rotazione di una galassia a spirale osservata parallelamente al suo piano galattico. La curva rossa è la media delle velocità di rotazione in funzione della distanza dal centro della galassia. La velocità aumenta fino a un valore massimo e poi si mantiene quasi costante. Il bordo esterno visibile della galassia ha una distanza angolare dal centro $\theta \simeq 18'.5$ in entrambe le direzioni.

1. Stimate la massa della galassia contenuta entro la distanza dal centro al bordo, dal valore della velocità di rotazione misurata ai bordi. Esprimete il risultato in kg e in masse solari; per la costante di Hubble-Lemaître assumete il valore H = 67.4 km/s Mpc.
2. Perchè la velocità di rotazione non diminuisce a grande distanza dal centro della galassia ?

Soluzione

1. Il valore ***vcentrale*** di velocità misurato al centro della galassia corrisponde alla sua velocità radiale di allontanamento e permette di calcolarne la distanza **d** con la legge di Hubble-Lemaître:

$$d = \frac{v_{centrale}}{H} \simeq \frac{500 \, \frac{km}{s}}{67.4 \, \frac{km}{s\,Mpc}} \simeq 7.42\, Mpc = 7.42 \cdot 10^{6}\, pc \simeq 2.29 \cdot 10^{20} km$$

I due bordi della galassia hanno una velocità di rotazione v_{rot} pari al valore misurato **v** meno il valore $\mathbf{v_{centrale}}$, dovuto al moto di allontanamento della galassia. In valore assoluto avremo:

$$|v_{rot}| = |v_{centrale} - v| \simeq 150 \, \frac{km}{s}$$

Nota la distanza possiamo ricavare il valore **R** del raggio della galassia dalla relazione:

$$R = d \cdot \tan\theta \simeq 2.29 \cdot 10^{20}\, km \cdot \tan 0°.308 \simeq 1.23 \cdot 10^{18}\, km$$

Per ottenere la massa **Mg** entro la distanza **R** dal centro applichiamo la III legge di Keplero:

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{G\, M_G}{4\,\pi^2}$$

e poiché il periodo di rotazione è $T = 2\pi\, R / v_{rot}$ ricaviamo dopo qualche passaggio:

$$M_G = \frac{R \cdot {v_{rot}}^2}{G} \simeq \frac{1.23 \cdot 10^{21}\, m \cdot 2.25 \cdot 10^{10}\, \frac{m^2}{s^2}}{6.674 \cdot 10^{-11}\, \frac{m^3}{kg\, s^2}} \simeq 4.15 \cdot 10^{41}\, kg \simeq 2.1 \cdot 10^{11}\, M_{Sole} \simeq 210 \cdot 10^{9}\, M_{Sole}$$

2. Le osservazioni visuali mostrano che la densità di materia visibile in una galassia a spirale diminuisce verso l'esterno. Questo dovrebbe comportare una diminuzione anche della velocità di rotazione della galassia, che invece si mantiene elevata. Deve quindi esistere della massa invisibile che permette di avere una velocità elevata anche in quella zona. Le curve di rotazione delle galassie a spirale sono quindi indicative della presenza di "materia oscura", che non emette radiazione elettromagnetica, ma i cui effetti gravitazionali sono evidenti. La massa ricavata nel calcolo comprende sia la materia visibile, che la "materia oscura".

Nota: la presente versione di questa prova pratica riprende un'idea originale di A. Possenti dell'INAF- Osservatorio Astronomico di Cagliari