

# **Studio della curva di rotazione della galassia NGC 2798 e determinazione della sua massa**

Autori: Gianmaria Frigo, Eugenio Guasina - Istituto Magistrale D.G. Fogazzaro - Vicenza  
Chiara Gargiulo, Maurizio Pajola - Liceo scientifico G.B. Quadri - Vicenza  
Tutor: Prof. Giorgio Magrelli- Istituto Magistrale D.G. Fogazzaro - Vicenza  
Prof. Aldo Pegoraro - Liceo scientifico G.B. Quadri - Vicenza

Lavoro eseguito nell'ambito del progetto "il Cielo come Laboratorio" del Dipartimento di Astronomia dell'Universita' di Padova.

## **Introduzione**

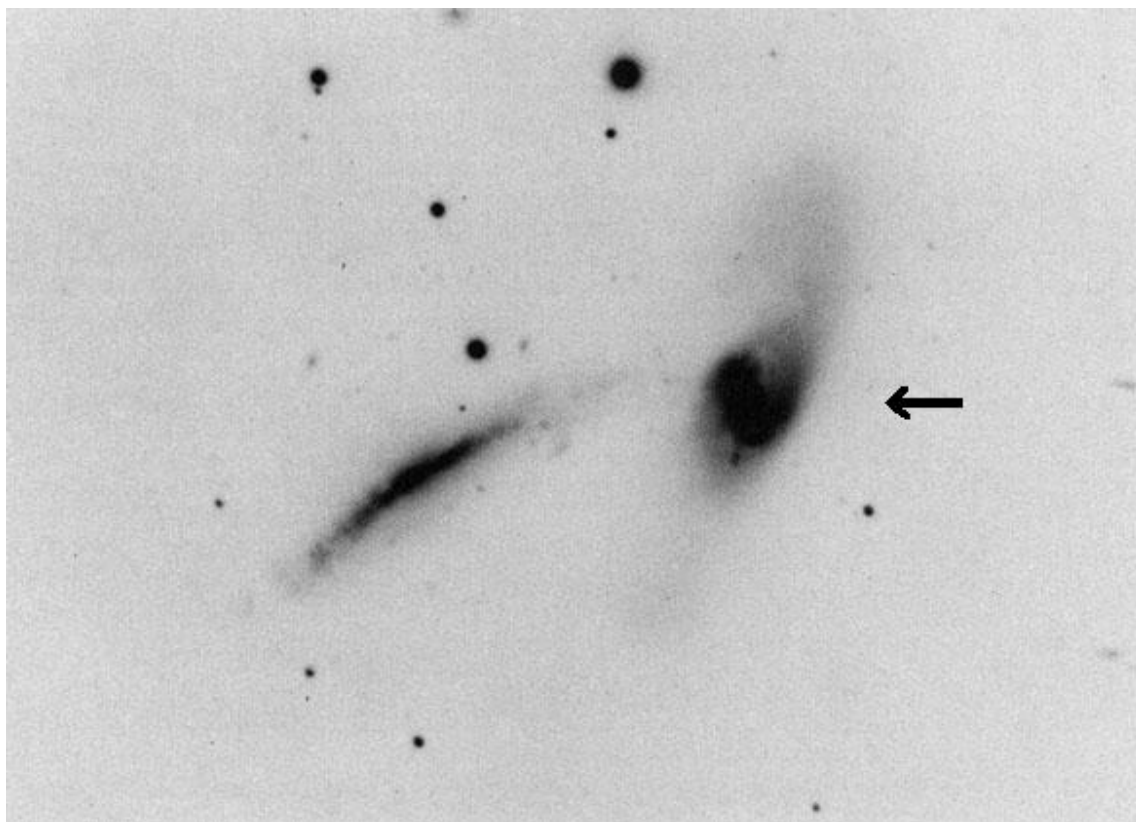
Lo studio della dinamica delle galassie e' certamente uno degli argomenti di maggior interesse per la moderna astrofisica, sia per la comprensione della struttura ed evoluzione delle galassie, che per le implicazioni cosmologiche.

Lo scopo della nostra esperienza era la misurazione della massa di una galassia dallo studio della sua curva di rotazione, un tipico esempio in cui le conoscenze teoriche di dinamica classica si applicano ai dati osservativi per estrarne informazioni sulla grandezza fisica considerata. L'oggetto preso in esame è stato NGC 2798, una galassia barrata a spirale la cui classificazione nello schema di Hubble si riassume nella sigla SBa.

## **Raccolta dati sperimentali**

Le osservazioni spettrografiche sono l'unica via per compiere questo tipo di studi. Lo strumento utilizzato e' il telescopio da 122 centimetri dell'osservatorio di Asiago - Colle Pennar, dotato dello spettrografo Boller & Chievens al fuoco Cassergrain. E' stato utilizzato il reticolo da 1200 tratti per millimetro . Il recettore e' un CCD di 512x512 pixel raffreddato da una cella di Peltier. Le dimensioni del pixel sono di 24 micron.

Da un punto di vista operativo abbiamo inizialmente determinato l'asse maggiore apparente della galassia dalla osservazione della sua immagine fotografica riprodotta di seguito.



Dopo aver orientato la fenditura dello spettrografo in modo che essa coincidesse al meglio con l'asse maggiore apparente della galassia, abbiamo raccolto uno spettro della stessa con una posa di 1800 secondi. Tale posa e' stata preceduta e seguita dalla acquisizione delle immagini ausiliarie standard (bias e flat field) oltre che dalla acquisizione dello spettro di confronto, ottenuto grazie ad una lampada al Ferro-Argon.

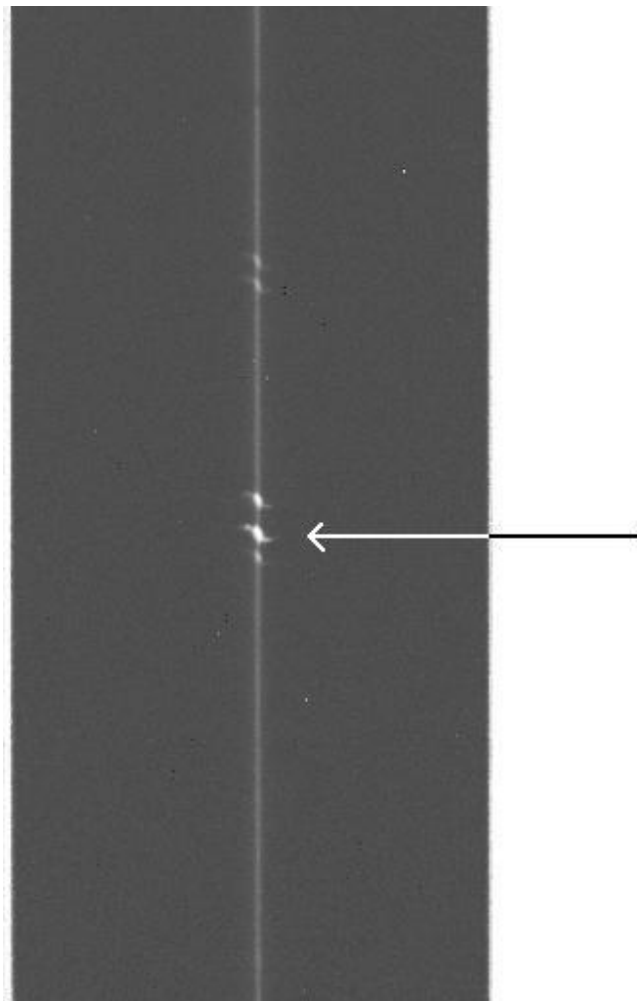
La scelta del range spettrale, che nel nostro caso va dai 6300 Angstrom ai 6900 Angstrom, ci ha permesso l'osservazione della riga H<sub>α</sub> dell'Idrogeno, tra le piu' intense dello spettro, data l'abbondanza di questo elemento nel disco galattico. Questo consente di ottenere un buon segnale anche per le parti piu' esterne del disco e quindi di ricavare una curva di rotazione quanto piu' estesa possibile. Di conseguenza, la massa che si determina sara' piu' vicina a quella effettiva della galassia. Ricordiamo infatti che la massa che si ricava con questa metodica e' la massa interna all'ultimo raggio osservabile.

### **Riduzione dati**

La riduzione degli spettri e' stata eseguita nella maniera usuale, utilizzando il software IRAF. Le operazioni eseguite possono così essere riassunte:

- 1) Correzione dell'immagine dello spettro della galassia per bias e flatfield ed eliminazione raggi cosmici.
- 2) Calibrazione dello spettro in lunghezza d'onda per mezzo dello spettro di confronto.

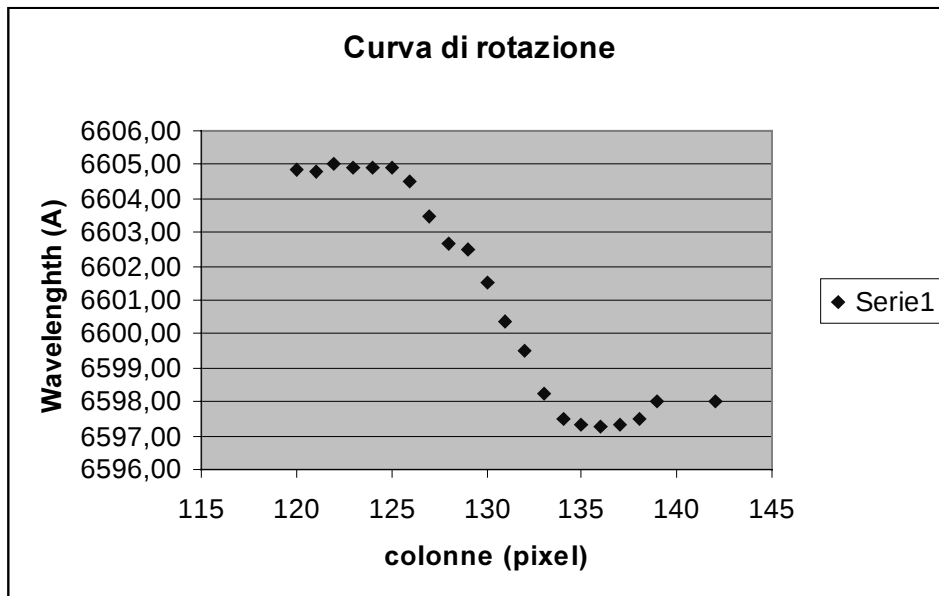
Lo spettro così ottenuto è mostrato di seguito.



Spettro di NGC2798  
La freccia indica la riga  $H_{\alpha}$

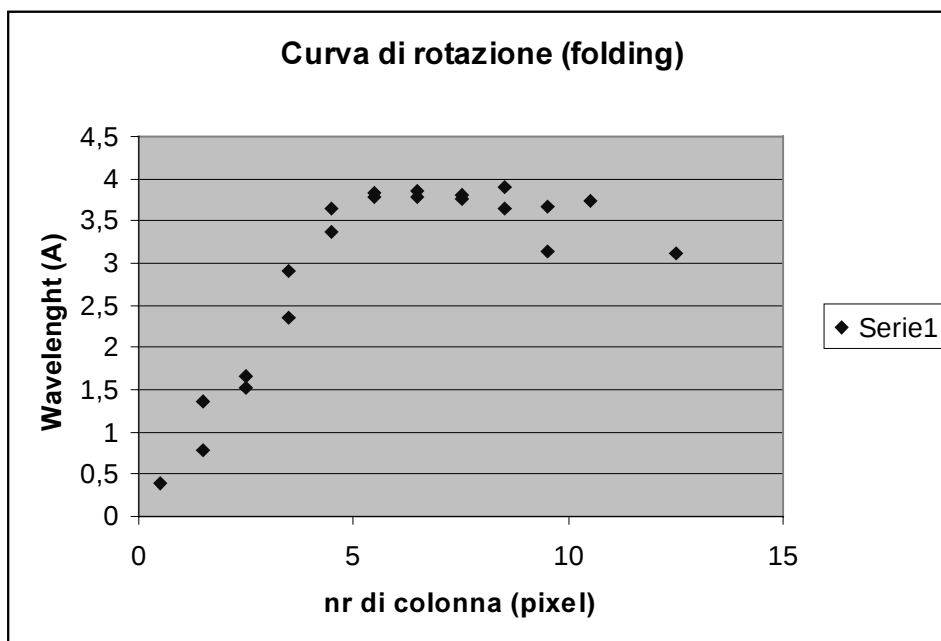
La sua ispezione visiva mostra che le righe spettrali hanno una deformazione "ad esse". La riga spettrale e' l'immagine monocromatica della fenditura, che e' rettilinea. La forma "ad esse" delle righe del nostro spettro puo' essere spiegata solo invocando l'effetto Doppler per la luce, ed ammettendo quindi che il materiale da cui la riga si origina sia in movimento, ed in particolare che parte di esso si avvicini all'osservatore, e parte se ne allontani. Questo ci dice che il disco galattico e' dotato di un moto di rotazione attorno al proprio asse di simmetria.

Siamo passati quindi ad effettuare le misure sullo spettro. Abbiamo preso in considerazione la riga  $H_{\alpha}$  e ne abbiamo determinato la lunghezza d'onda osservata esaminandone il profilo preso a varie distanze dal centro. In pratica abbiamo potuto esaminare una ventina di questi profili. Con l'ausilio de software IRAF abbiamo ricavato la posizione del picco della riga e quindi la lunghezza d'onda osservata. La curva di rotazione ottenuta e' mostrata di seguito.



Il suo andamento e' molto ben approssimato da una retta nelle parti attorno alla posizione del centro della galassia, mentre nelle parti piu' esterne l'andamento e' pressoché' stazionario. Questo fa supporre che il "bulge" della galassia possa essere ben rappresentato da una distribuzione omogenea di massa.

Determinato il centro di simmetria della curva di rotazione, essa e' stata ripiegata e le falde sovrapposte a formare un'unica curva che di seguito riportiamo.

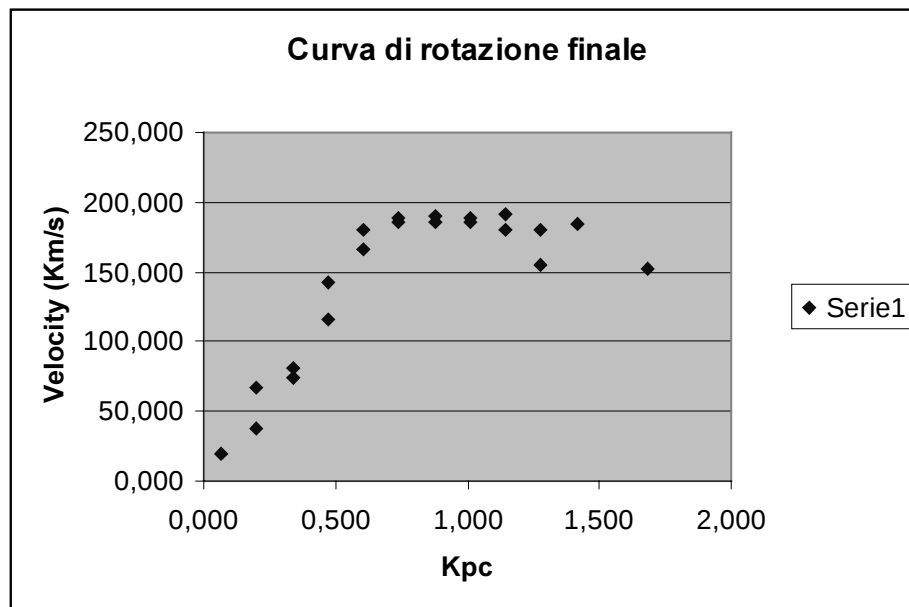


Notiamo che in ascissa ed in ordinata compaiono ora rispettivamente la distanza dal centro della galassia, in pixel ed in ordinata la differenza di lunghezza d'onda rispetto al centro della galassia da noi determinato.

La conoscenza della scala del telescopio ci ha permesso di trasformare l'unità di misura in ascissa da numero di pixel a secondi d'arco in cielo, nota la scala del telescopio che è di 1,11"/pixel. Infine, nota la distanza della galassia, che dalla letteratura risulta essere di 29 Mpc, siamo passati dalle dimensioni apparenti alle dimensioni lineari espresse in Kpc.

Contemporaneamente, sfruttando la formula dell'effetto Doppler siamo passati da lunghezza d'onda in Angstrom a velocità radiale in Km/s.

Il grafico di seguito riprodotto tiene conto anche del fattore di proiezione della velocità di rotazione lungo la linea di vista. La velocità radiale osservata è legata alla velocità di rotazione effettiva dalla relazione  $v_{\text{oss}} = v_{\text{rot}} \sin(i)$  dove  $i$  è l'angolo che il piano della galassia forma con il piano tangente alla sfera celeste in quel punto che nel nostro caso risulta essere uguale a 67,65°.



## Misura della massa

L'ultimo passo è quello che consiste nel ricavare la massa della galassia. Assumendo che tale sistema stellare sia in equilibrio dinamico, che la forza agente principale sia la forza di attrazione gravitazionale, e che il potenziale del campo gravitazionale sia di tipo centrale, possiamo porre l'uguaglianza:

$$G \frac{m M}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

Dove  $M$  è la massa della galassia entro il raggio  $r$ ,  $v$  la velocità del generico elemento di materia di massa  $m$  a quella distanza e  $G$  la costante di gravitazione universale. L'unica incognita è la massa  $M$  della galassia, che risulta espressa dalla relazione:

$$M = v^2 r / G$$

Poiche' la curva di rotazione mostra un andamento stazionario a partire da una distanza di 1.01 Kpc, decidiamo di determinare la massa della galassia contenuta entro questo raggio. La velocita' corrispondente e' di circa 187 Km/s. Con questi dati, la massa che risulta e' di circa 8 miliardi di masse solari.

### **Conclusioni**

Con il presente lavoro abbiamo determinato la massa di NGC2798 dalla studio della sua curva di rotazione.

Il risultato ottenuto è in accordo con quanto previsto per galassie dello stesso tipo e con i risultati forniti dalla letteratura.

### **Referenze**

<http://astro.ic.ac.uk> imperial college astrophysics

<http://nedwww.ipac.caltech.edu> nasa extragalactic database