

Cinematica del gas nella galassia NGC 7331



NGC 7331

- RA: 22h:37m:04s
- Dec +34° 24' 59"
- È proiettata nella costellazione del Pegaso
- Fa parte di un gruppo di 3 galassie, del quale è la più luminosa

Scopo dell' esperienza

- Determinare la curva di velocità della componente gassosa della galassia.
- Determinazione della massa a partire dalla velocità.
- Costruzione di un modello per determinare la massa in funzione della distanza dal centro.

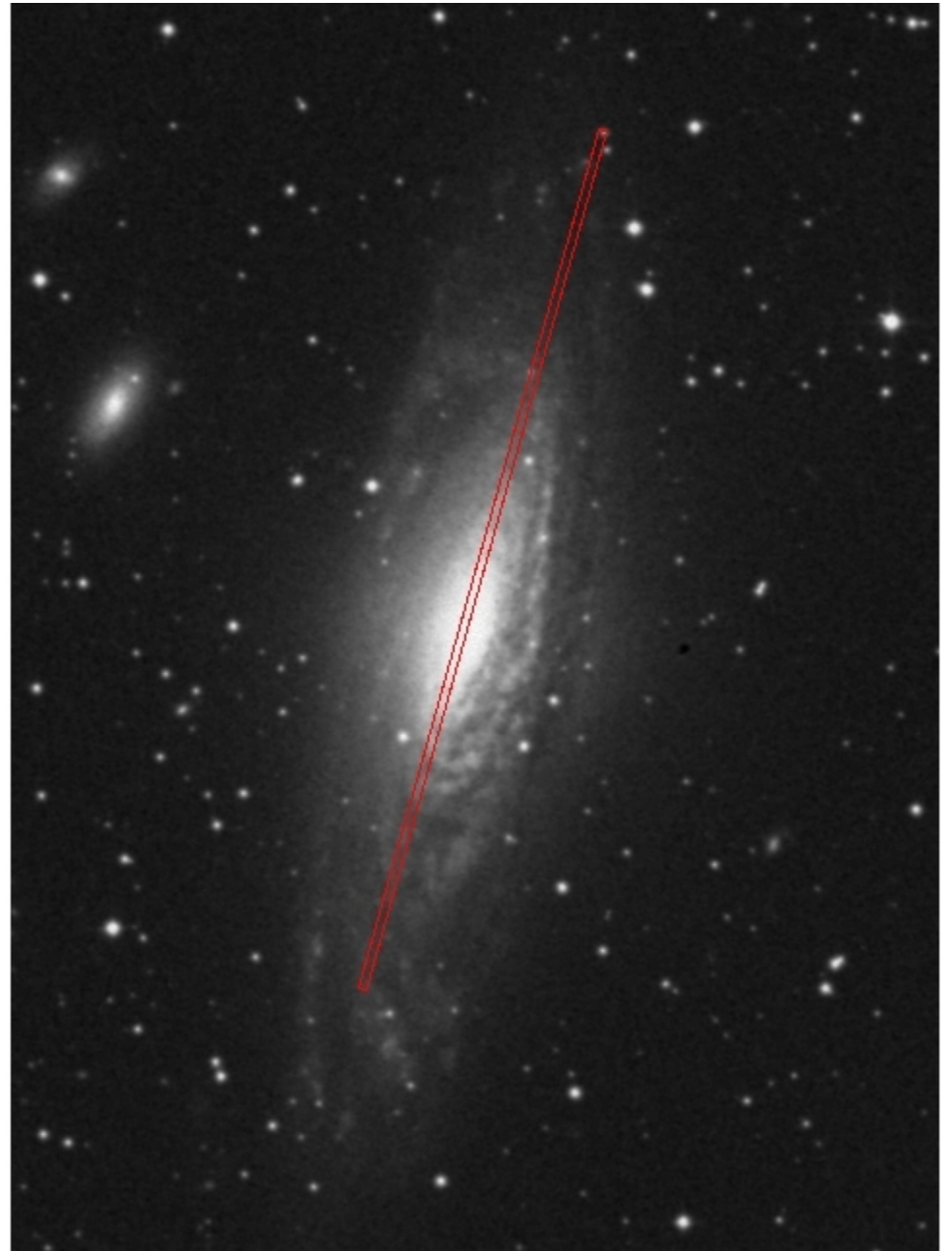
I fit gaussiani e le curve di velocità

Poichè la galassia ruota, osserveremo, a causa dell'effetto Doppler, uno spostamento delle righe nei bracci rispetto a quelle del centro, verso il blu se il braccio ruota verso di noi, verso il rosso se si allontana.

Da questo spostamento è possibile calcolare la velocità e costruire una curva di rotazione, cioè un grafico che mette in relazione la distanza dal centro di un dato punto della galassia con la sua velocità di rotazione.

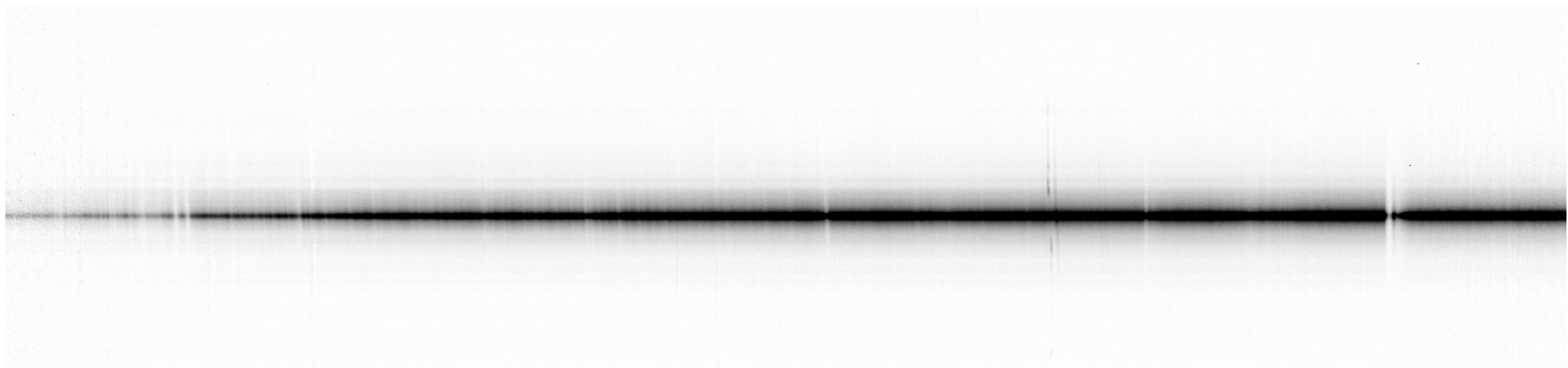
Per determinare la lunghezza d'onda delle righe considerate abbiamo utilizzato i fit gaussiani, cioè abbiamo cercato la gaussiana che meglio approssimasse il picco della riga, ricavandone quindi l'esatta lunghezza d'onda.

Viene posto uno schermo con una sottile fenditura, corrispondente all'asse maggiore della galassia, che permette di ottenere lo spettro di regioni poste a diverse distanze dal centro.

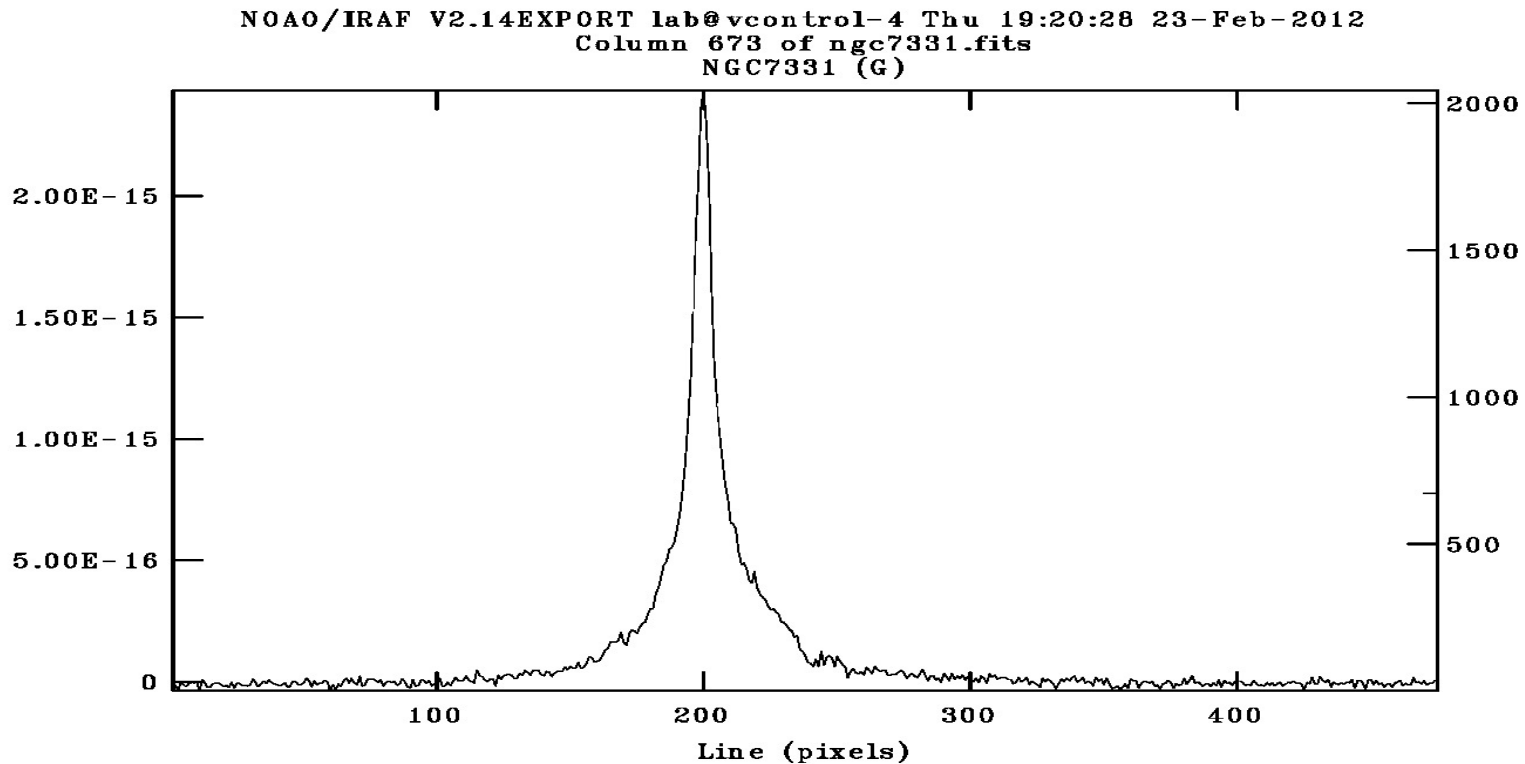


Lo spettro ottenuto

In ascissa troviamo la lunghezza d'onda, mentre in ordinata abbiamo la distanza dal centro, corrispondente alla parte più scura dell'immagine in negativo.

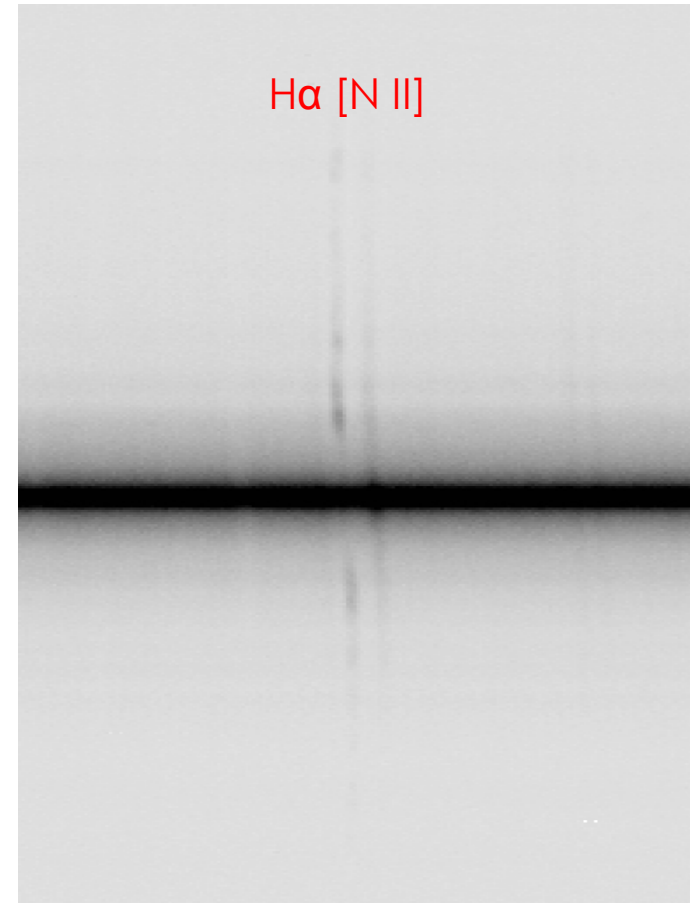


Questa immagine mostra l'intensità della lunghezza d'onda presa in analisi, ottenuta tramite il pacchetto IMPLOT di IRAF, e indica l'ubicazione esatta del centro a 200 px.

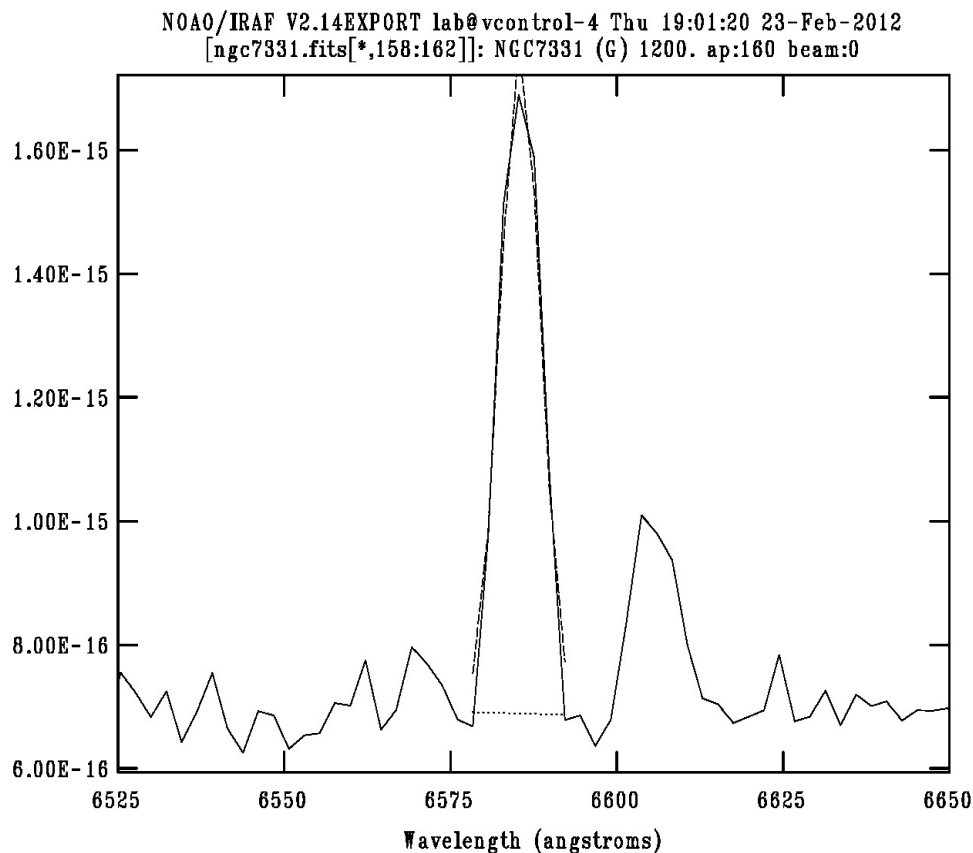


Determinazione di z

- Ora che abbiamo le coordinate del centro passiamo allo studio delle righe $H\alpha$ e $[N II]$, per ricavarne lo shift (z) a diverse distanze dal centro.
- Come è visibile dalla figura, è possibile studiare $H\alpha$ solo nelle regioni esterne, poichè la componente stellare, con $H\alpha$ in assorbimento, rende questa riga inutilizzabile. Quindi al centro useremo $[N II]$.



Determinazione di z



- Tramite IRAF effettuiamo diversi fit gaussiani, spostandoci progressivamente dal centro, ottenendo una tabella contenente altezza in px e lunghezza d'onda del picco della riga considerata.
- Per posizioni diverse le righe risultano centrate a λ diverse, sempre maggiori rispetto al valore a riposo. Questo è il risultato dell'effetto Doppler dovuto alla velocità del gas rispetto a noi.

Elaborazione dati

- I dati ottenuti vengono analizzati con TOPCAT, ricavando $z = \Delta\lambda/\lambda_0$, dove λ_0 è la lunghezza d'onda di laboratorio.
- Per prima cosa viene calcolata la velocità di recessione della galassia utilizzando la formula del redshift al centro.
- Da questa, con la legge di Hubble, calcoliamo la distanza.

$$d = \frac{V_{\text{recessione}}}{H_0} \text{ (Mpc)}$$

Otteniamo $d = 10.4 \text{ Mpc}$.

- Sapendo che la scala dell'immagine è $1''/\text{px}$, trasformiamo le distanze dal centro in pc.

$$r(\text{pc}) = r('') * d(\text{pc}) / 206265''$$

$$V_{\text{recessione}} = c \times z$$

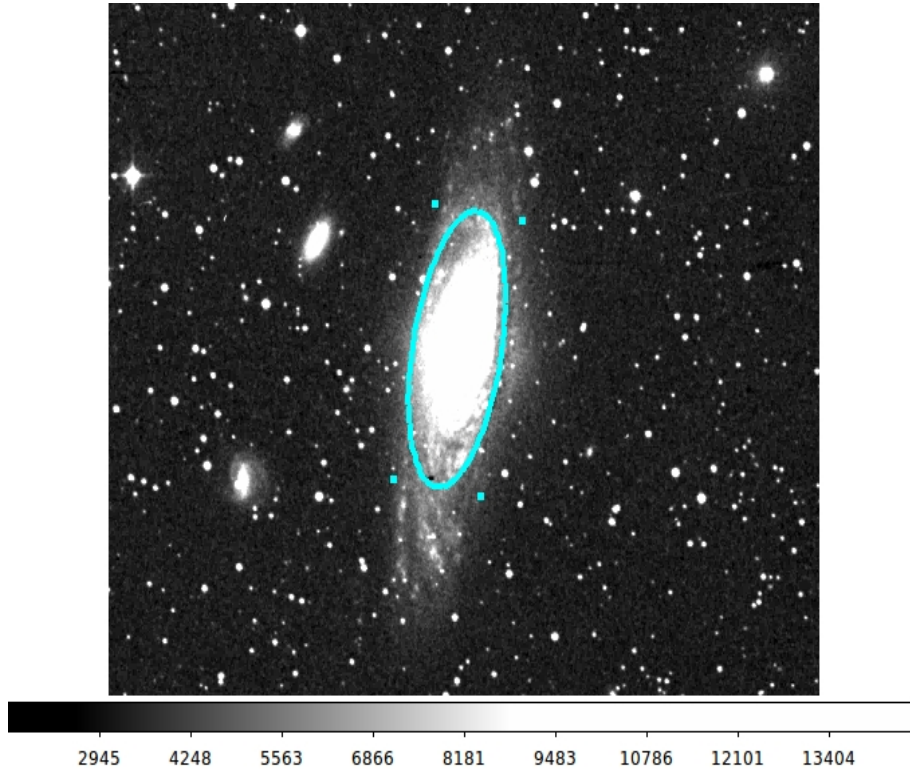
- Otteniamo un valore di 780 Km/s .

Calcolo delle velocità

Ora che conosciamo z (e il raggio corrispondente in pc) e la velocità di recessione, possiamo calcolare la velocità differenziale osservata.

$$v_{\text{oss}}(r) = c \cdot \frac{\lambda_{\text{oss}} - \lambda_0}{\lambda_0} - v_{\text{recessione}}$$

Inclinazione



- I dati però vanno corretti a causa dell'inclinazione della galassia.

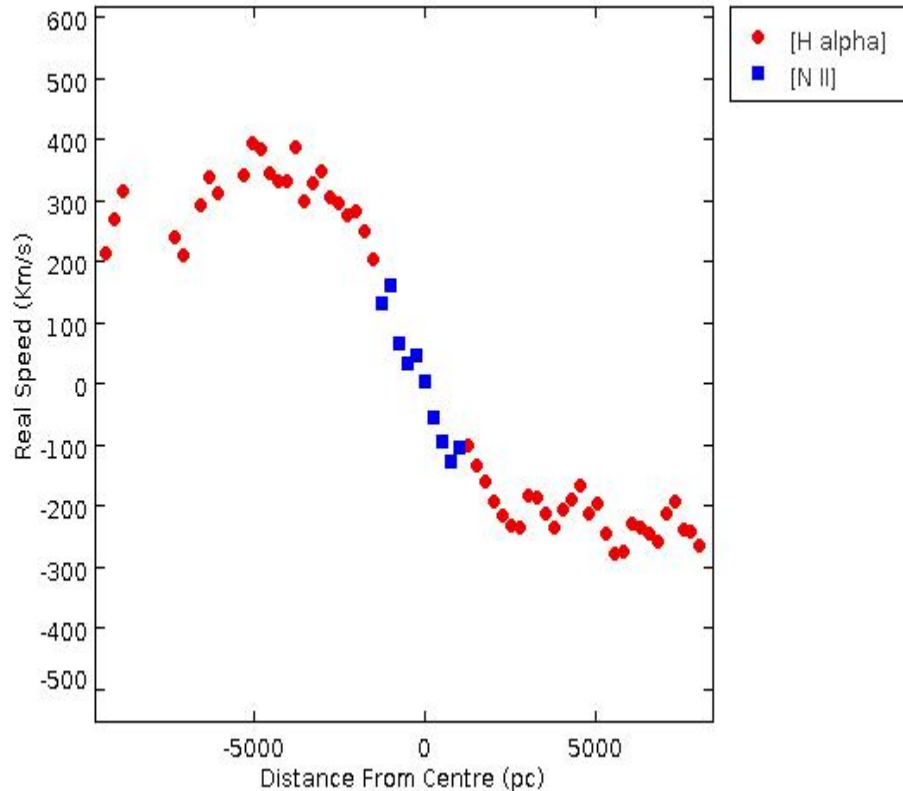
$$V_{\text{dep}} = \frac{V_{\text{oss}}}{\sin i}$$

- Per trovare l'inclinazione (i) abbiamo bisogno del semiasse maggiore e minore dell'ellisse che meglio racchiude la galassia.

$$i = \arccos\left(\frac{b}{a}\right)$$

- L'inclinazione misurata risulta essere di 70°

Curva di rotazione



- Ricaviamo così la velocità differenziale e la distanza dal centro in pc, con le quali creiamo questo grafico.
- Al centro il moto è quello di un corpo rigido, mentre all'esterno si osserva che la velocità rimane costante o aumenta leggermente.
- Se la massa della galassia fosse concentrata al centro, come d'altra parte è concentrata l'emissione luminosa, il moto dovrebbe essere di tipo Kepleriano e la velocità dovrebbe diminuire all'aumentare della distanza.
- L'andamento osservato suggerisce viceversa la presenza di materia oscura.

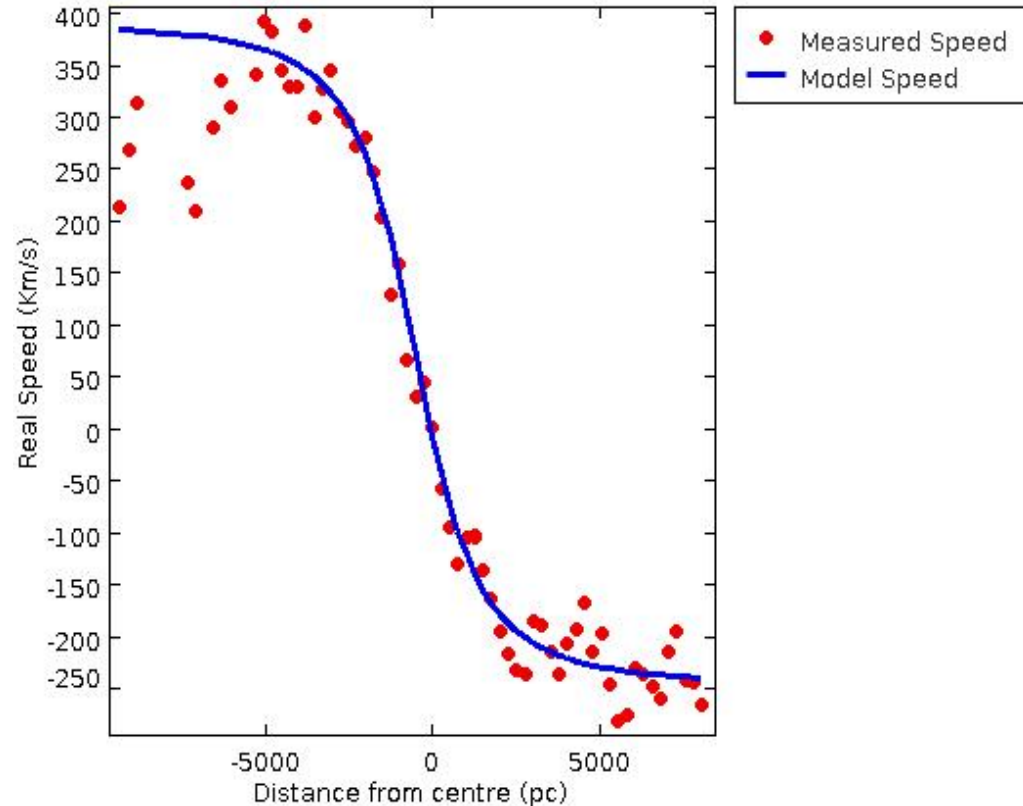
Curva di rotazione

Cerchiamo la funzione che approssima meglio la curva di rotazione. Il modello suggerisce che valga la seguente relazione:

$$v_c(r) = \frac{a \cdot r}{(r^2 + c_0^2)^{p/2}}$$

I valori dei parametri che meglio approssimano la curva sono

$$a = 320 \text{ Km/s}; c_0 = 2000 \text{ pc}; p = 1.$$



Determinazione della massa

- Calcoliamo la massa usando il teorema del Viriale.

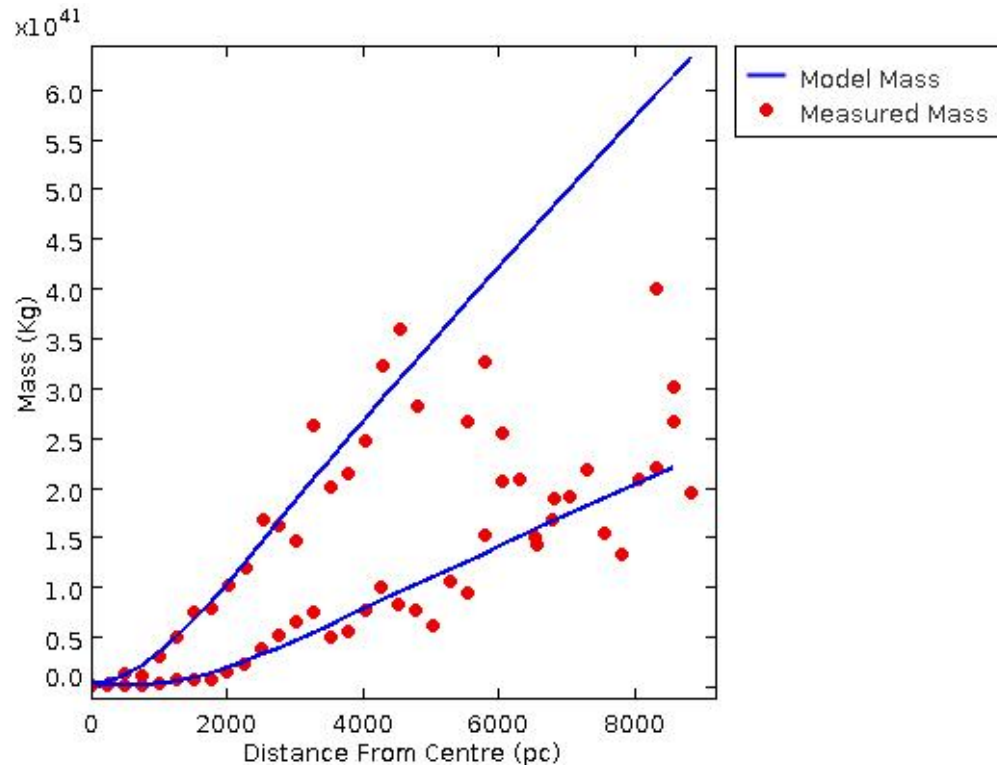
$$-\frac{GMm}{r^2} = -2\frac{1}{2}mv^2$$

$$M = \frac{R \times v^2}{G}$$

- Possiamo utilizzare sia la velocità ottenuta dal modello, sia quella ottenuta dalle misure a diverse distanze dal centro.
- Dal modello si ottiene una massa di circa $2 \cdot 10^{41}$ Kg.
- Il valore è confrontabile con quello che abbiamo ottenuto in letteratura (Astrophysical Journal, vol. 141, p.759) di $1,6 \cdot 10^{41}$ Kg .

Determinazione della massa

- Con le misure relative a diverse misure dal centro e dal modello, otteniamo questo grafico.



- Osserviamo che, essendo la curva di rotazione asimmetrica, il modello fornisce una distribuzione di massa anch'essa asimmetrica.

Ringraziamenti

Si ringraziano il professor Stefano Ciroi, il professor Claudio Forieri, il Dipartimento di Fisica e Astronomia, Valentina Cracco e Alessandra Frassati, nonché il gruppo di cinematica della componente stellare che ha contribuito alla ricerca.

Nota Operativa