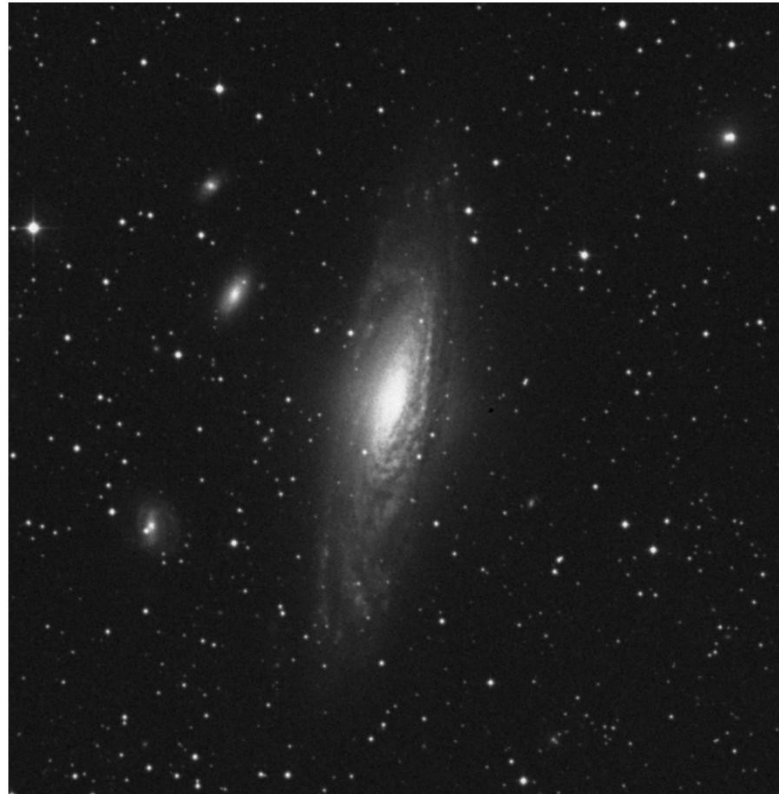


Valutazione di rotazione e massa di NGC7331 tramite l'effetto Doppler

con aggiunta di deduzioni riguardanti la materia oscura nella galassia



NGC7331

- Tipo: Galassia a Spirale
- Classe: Sa(S)b
- Ascensione Retta = 22h 37m 04.1s;
- Declinazione = +34°24'56"
- Costellazione: Pegaso
- Magnitudine apparente = 10.4
- Scopritore: William Herschel (1784)

Presentazione dei principi teorici alla base del lavoro

- **Effetto Doppler:** la variazione in lunghezza d'onda di una sorgente in movimento non perpendicolare all'asse di osservazione;

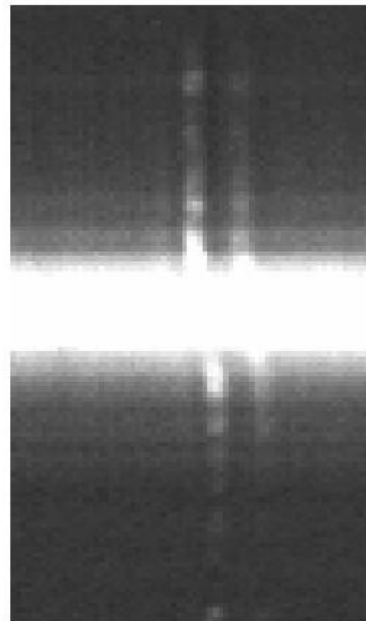
$$v_c = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times c \quad \left(\frac{m}{s} \right)$$

- **Teorema del Viriale:** relazione che ci consente di dare una stima della massa contenuta all'interno della galassia, in funzione della sua velocità di rotazione e dal suo raggio.

$$M = \frac{(\Delta v)^2 \times R}{G} \quad (\text{kg})$$

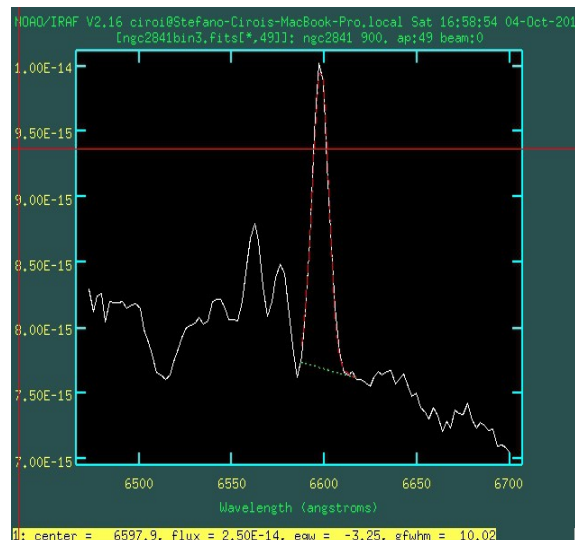
Misurazione del redshift

- Le righe in emissione dello spettro considerate per la misurazione sono state H α e [NII], considerate in uno spettro binnato a 3(pixel/"), acquisito dal telescopio 122cm ad Asiago;
- Misurando in ogni tratto la posizione delle righe di emissione, é possibile ricavarne il redshift in ogni punto;
- Dal redshift, come mostrato prima, si ricava la velocità di rotazione.



Misurazione del redshift

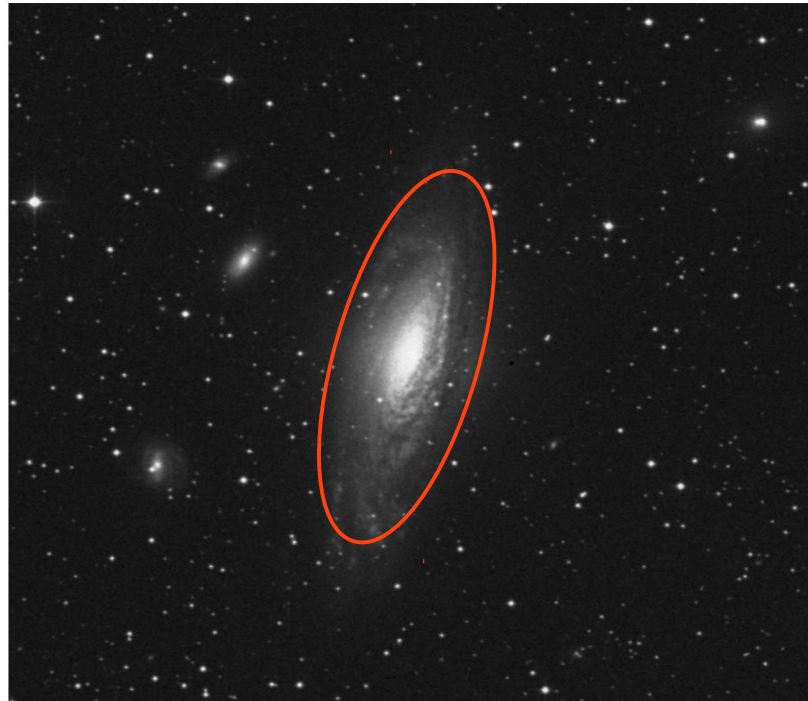
- Tramite IRAF si passa in rassegna ogni singolo pixel dello spettro, individuando le righe da noi ricercate, e tramite un'interpolazione gaussiana determinarne la lunghezza d'onda (λ);
- Per ridurre gli errori di misurazione, si sono prese tre interpolazioni per riga, per pixel, a seguito, dopo aver riportato i dati in un foglio di calcolo, se ne è calcolata la media;
- La media è stata calcolata poi anche tra i dati combinati di H α e [NII];



Inclinazione della galassia

- Supponendo la galassia circolare, si trova la sua inclinazione analizzando il rapporto tra i due semiassi della prospettiva visibile dalla Terra;

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



Elaborazione dei dati

- Dalle lunghezze d'onda, tramite la formula del redshift, si ricavano le misure delle velocità dei vari punti e ne si fa la media;
- Si calcolano le velocità corrette dividendo per il seno dell'angolo di inclinazione, che permette di trovare la componente parallela al disco della galassia;

$$v_c = \frac{\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times c}{\sin i}$$

Elaborazione dei dati

- I redshift individuati sono di due tipi: uno é quello da noi ricercato, dovuto alla rotazione, mentre l'altro deriva dalla velocità di recessione della galassia. Quest'ultimo é ricavabile misurando le lunghezze d'onda del nucleo galattico;
- Per essere in grado di convertire i secondi d'arco in un'unità di misura di lunghezza é necessario conoscere la distanza della galassia dall'osservatore, tale dato ci viene fornito dalla relazione di Hubble, in funzione della velocità di recessione.

$$d = \frac{v_c}{H_0}$$

$$H_0 = 75 \frac{km}{s} \times Mpc$$

Elaborazione dei dati

- Si considerano dei grafici, normalizzati rispetto alla velocità del nucleo. In ascissa distanza dal nucleo e in ordinata velocità. Tale grafico ci permette di avere un'idea sulla velocità di rotazione della galassia in funzione della distanza dal nucleo galattico.

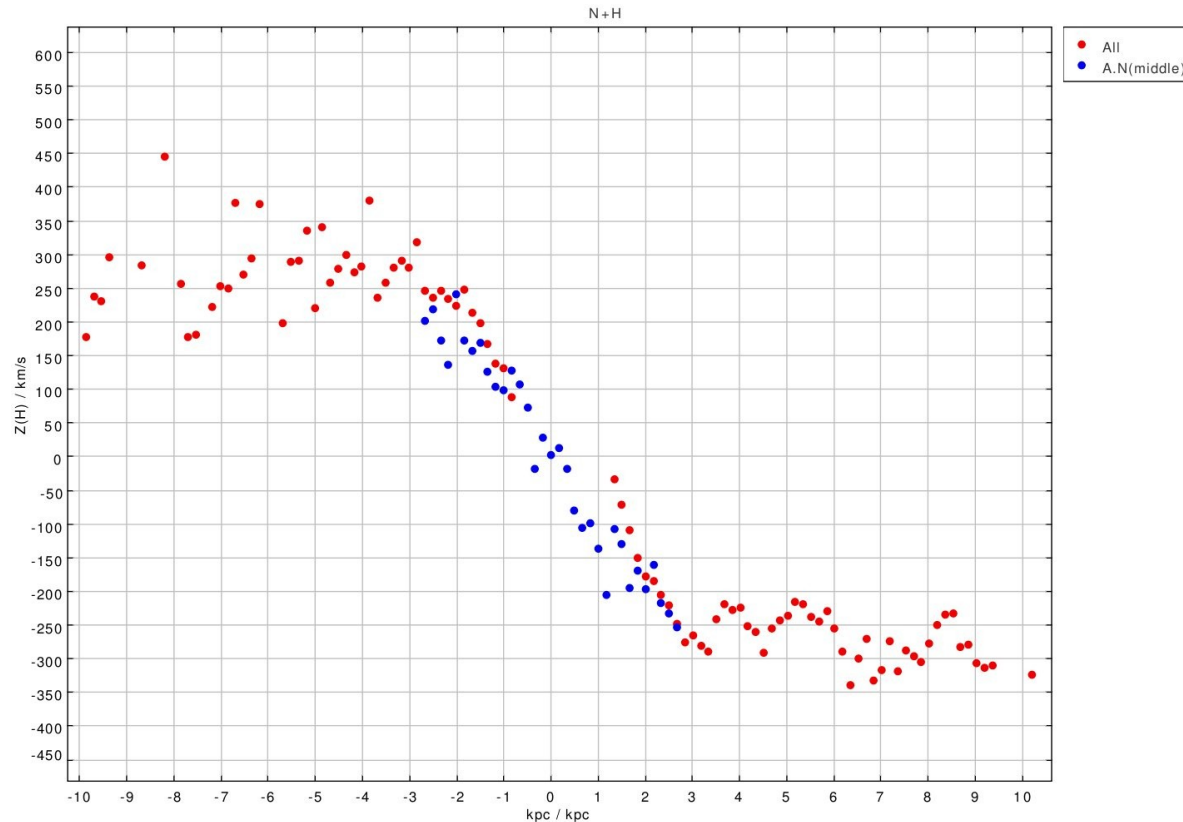
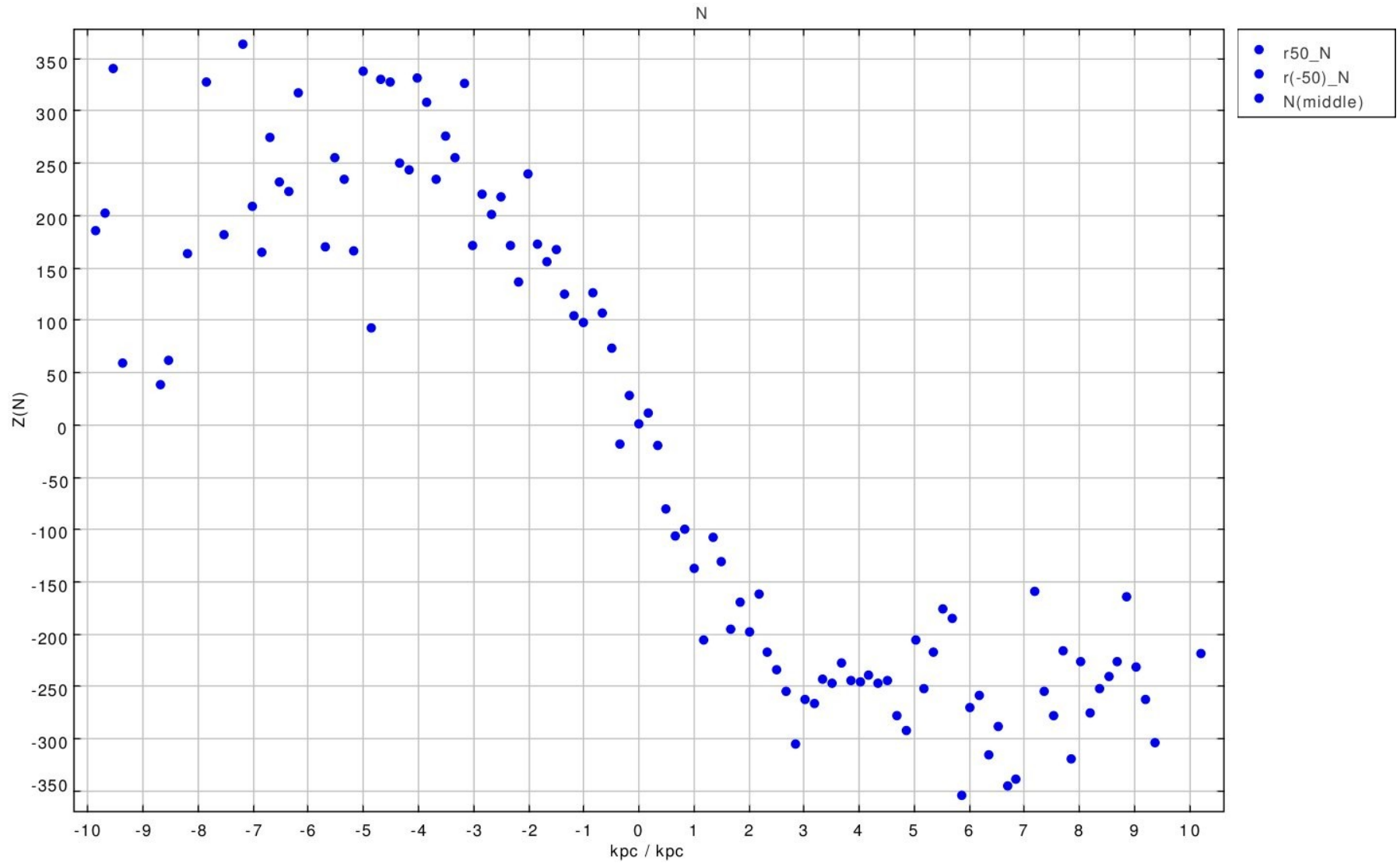


Grafico [NII] - 2σ



Precisazioni sulla costruzione del grafico

- L'origine dei grafici, e' posta in modo tale che lo 0 delle ascisse corrisponda al nucleo della galassia, mentre i valori sia positivi che negativi, indicano la distanza dal nucleo;
- Lo 0 delle ordinate e' stato posto ad hoc in modo tale da ottenere una simmetria nel grafico, prendendo cioe' il punto medio delle ordinate. Un risultato analogo si dovrebbe ottenere scegliendo il punto con velocita' di recessione della galassia come 0;
- Nel secondo grafico appaiono 5 punti in meno rispetto al grafico originale, si e' applicato un criterio, il quale prevede che negli estremi i valori da mostrare non debbano distare dalla media piu' di due volte la deviazione standard;
- Notiamo nonostante la dispersione negli estremi dei grafici che vicino al centro della galassia il moto di rotazione e' di tipo rigido.

Stima massa interna a NGC7331

- Tramite il teorema del viriale, conoscendo il raggio della galassia e la differenza tra la velocità di recessione e la velocità rilevata agli estremi della stessa (che dovrebbe coincidere), si stima la massa interna alla galassia presa in analisi;
- I dati da noi rilevati sono:
 - $\Delta v = 243,4 \text{ km/s}$
 - $R = 10,286 \text{ kpc}$
- Da tali dati approssimiamo la massa a:

$$M = \frac{(\Delta v)^2 \times R}{G} = 2,823 \times 10^{41} \text{ kg}$$

Considerazioni su quantità in eccesso di materia

- Confrontando il rapporto di massa-luminosità della galassia con quello solare, notasi che il primo é maggiore. Da ciò si può affermare con una discreta certezza che la quantità totale di massa presente all'interno della galassia é maggiore di quella visibile dai nostri strumenti;
- Chiamiamo questo eccesso di massa “**materia oscura**”;
- Assumiamo ipoteticamente che, nel caso in cui la luminosità percepita fosse emessa da tutta la massa presente, i due rapporti sopra citati siano uguali. Sottraendo la massa ipotetica(M_g') che compare in questa equazione con la massa da noi approssimata(M_g), otteniamo una stima della quantità di materia oscura(M_o).

Considerazioni su quantità in eccesso di materia

$$M_g = M_{g'} + M_o$$

$$\frac{M_{g'}}{L_g} = \frac{M_{sole}}{L_{sole}} \quad M_{g'} = \frac{M_{sole}}{L_{sole}} \times L_g$$

$$M_{g'} + M_o = \frac{M_{sole}}{L_{sole}} \times L_g \times 3,07$$

$$M_o = \frac{M_{sole}}{L_{sole}} \times L_g \times 2,07 = 1,903 \times 10^{41} \text{ kg}$$