

IL CIELO COME LABORATORIO

A.S.2011/12



SECONDO STAGE

Riccardo Caneve¹, Francesca Del Favero², Rebecca Valcozzena³, Lorenzo Zandonella²

¹Liceo *Galilei*, sez. scientifico, Belluno

²Liceo *E.Fermi*, sez. scientifico, Pieve di Cadore

³Liceo *Follador*, sez. scientifico, Agordo



DISPERSIONE DI VELOCITA' E MASSA NELLA GALASSIA NGC 2768



Classificazione morfologica delle galassie

Ellipticals

E0

E2

E5

SO

Sa

Sb

Sc

Normal spirals

SBa

SBb

SBc

Barred spirals

La classificazione morfologica, proposta da Hubble, ancora valida, distingue le galassie in: ellittiche, lenticolari, spirali e irregolari. La forma di una galassia dipende dalla nube primordiale e dalle interazioni con lo spazio circostante.

GALASSIE ELLITTICHE



Queste galassie hanno aspetto circolare o ellittico. In esse è poco evidente la presenza di gas e polveri e sono composte da stelle vecchie. Il loro spettro è caratterizzato da righe in assorbimento di elementi pesanti.

GALASSIE LENTICOLARI

Sono composte da bulge e disco questo però è privo di bracci a spirale. Il bulge è massiccio ed ha dimensioni comparabili con quelle del disco.

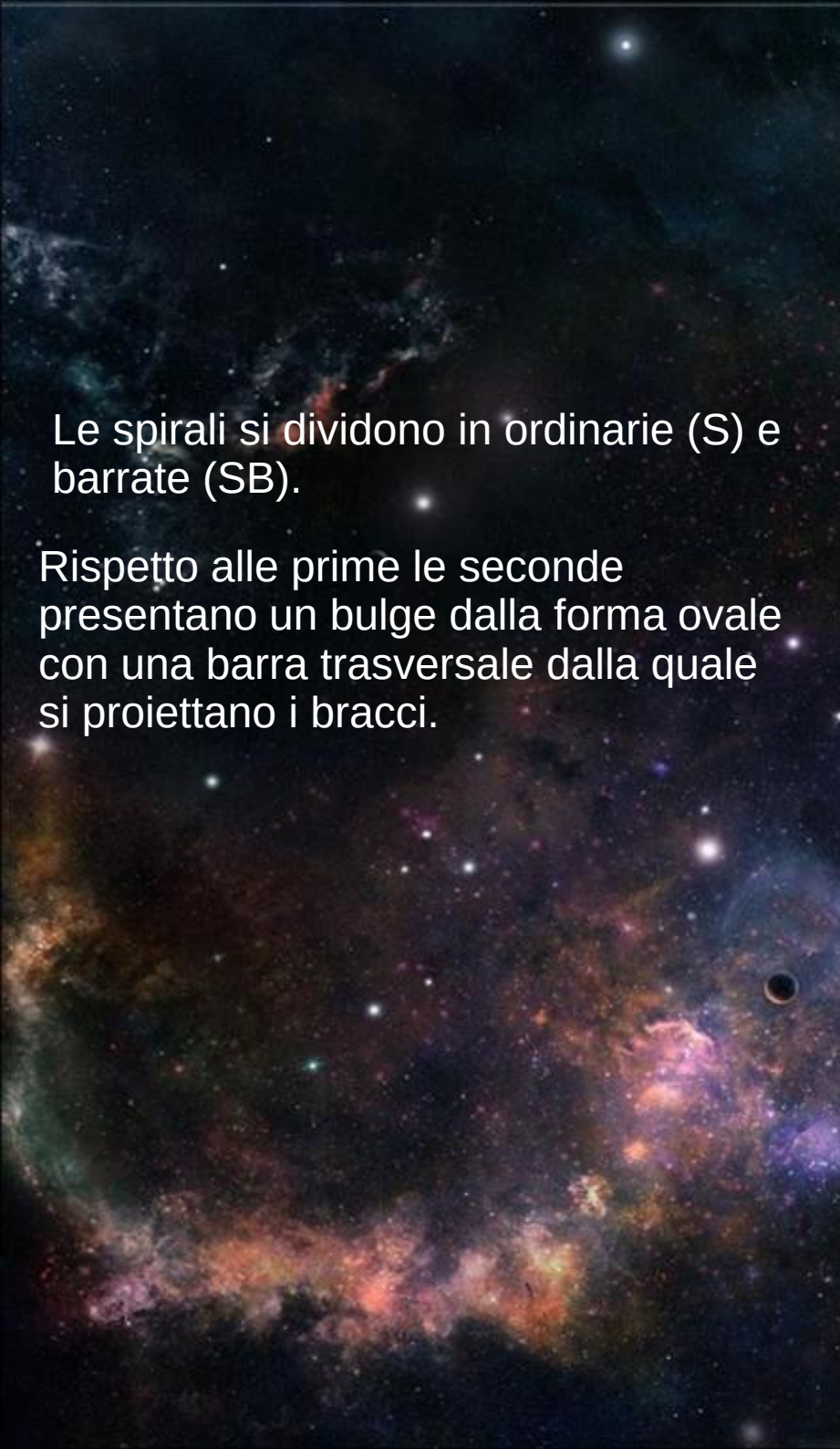
NGC 5866

GALASSIE A SPIRALE



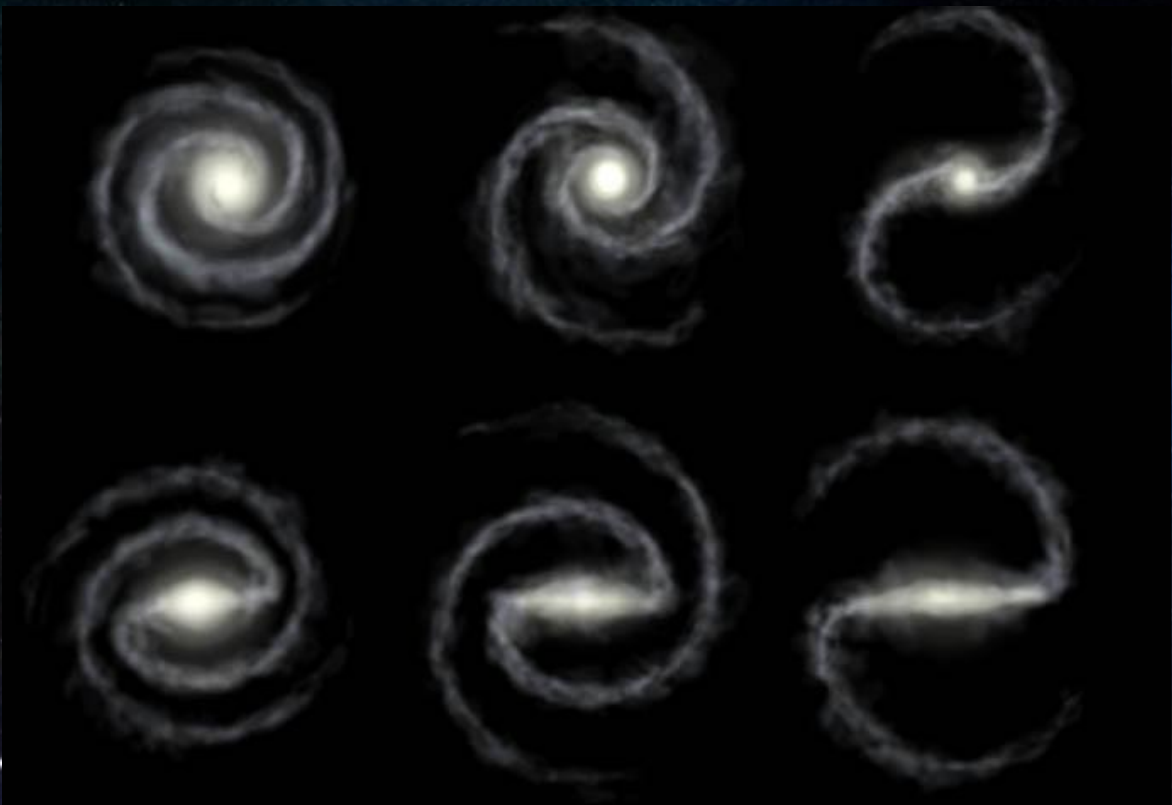
Contraddistinte da un rigonfiamento centrale detto bulge e da un disco schiacciato su cui sono presenti i bracci. Nel bulge predominano stelle di popolazione II mentre nel disco quelle di popolazione I.

NGC 5457



Le spirali si dividono in ordinarie (S) e barrate (SB).

Rispetto alle prime le seconde presentano un bulge dalla forma ovale con una barra trasversale dalla quale si proiettano i bracci.



GALASSIA A SPIRALE BARRATA NGC 1300

GALASSIE IRREGOLARI

Queste galassie sono prive di una morfologia definita.

Si dividono a loro volta in due sottoclassi, le Irr I e le Irr II.

Sono molto ricche di gas e polveri e contengono molte stelle giovani.



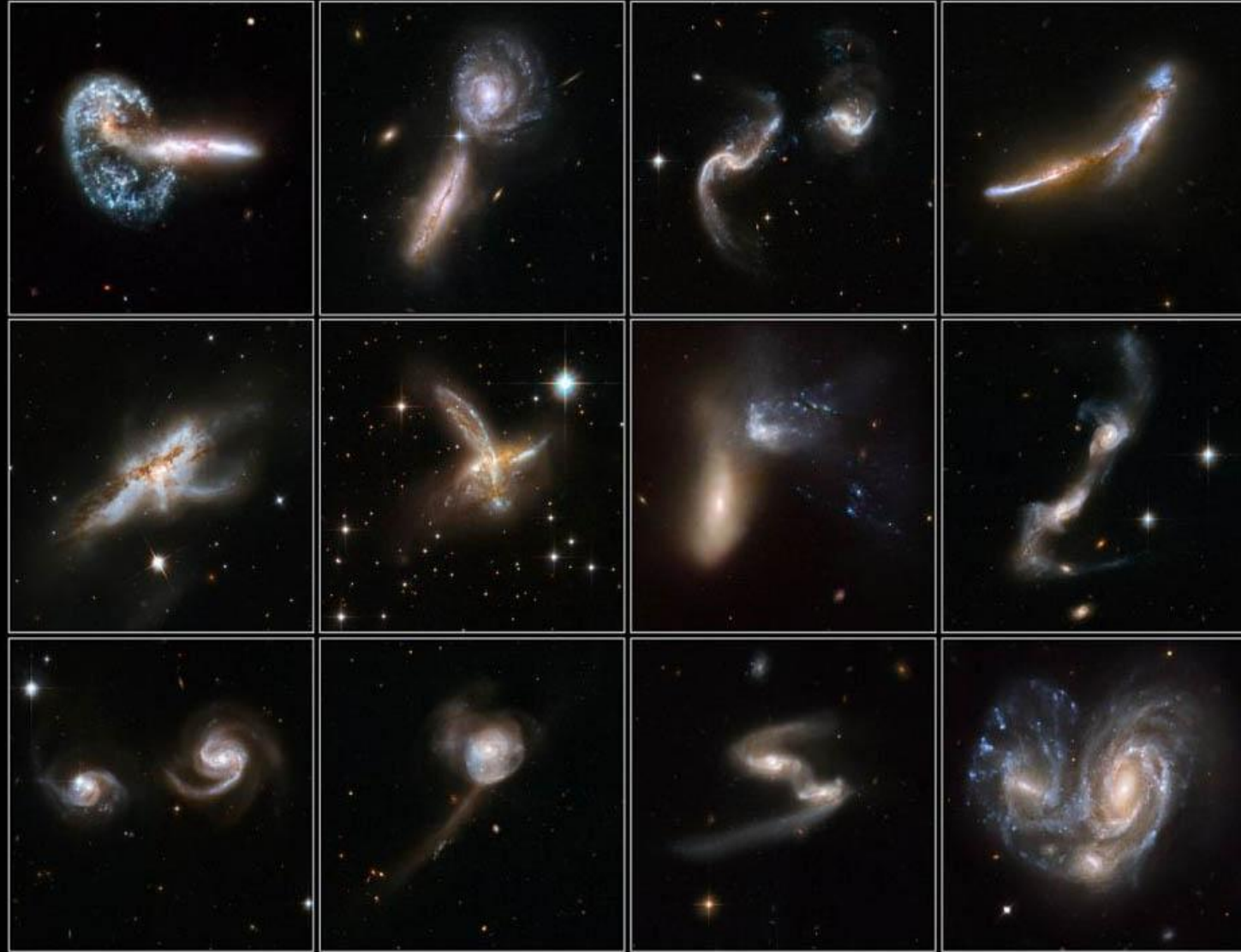
NGC 1705

GALASSIE INTERAGENTI

Le Galassie interagenti sono due o più galassie influenzate dalla reciproca forza di gravità

Un esempio di interazione minore è quello dato da una galassia che disturba uno dei bracci principali di un'altra galassia.

un esempio di interazione maggiore è invece dato dalle galassie in collisione.

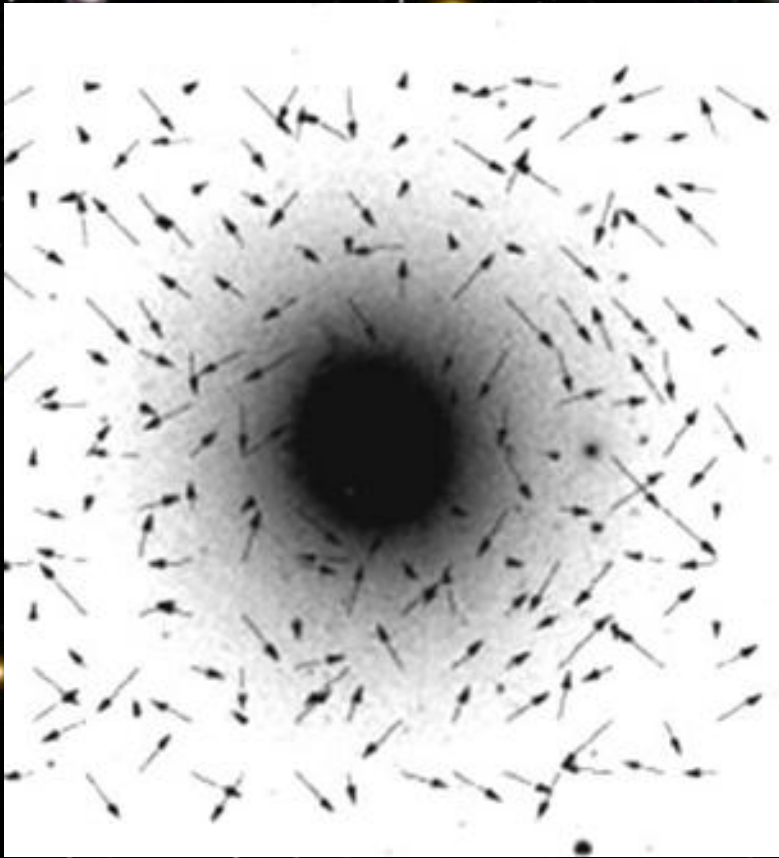


Collage di foto prese dal Telescopio Hubble di alcune galassie che stanno interagendo tra loro

Cinematica della galassia

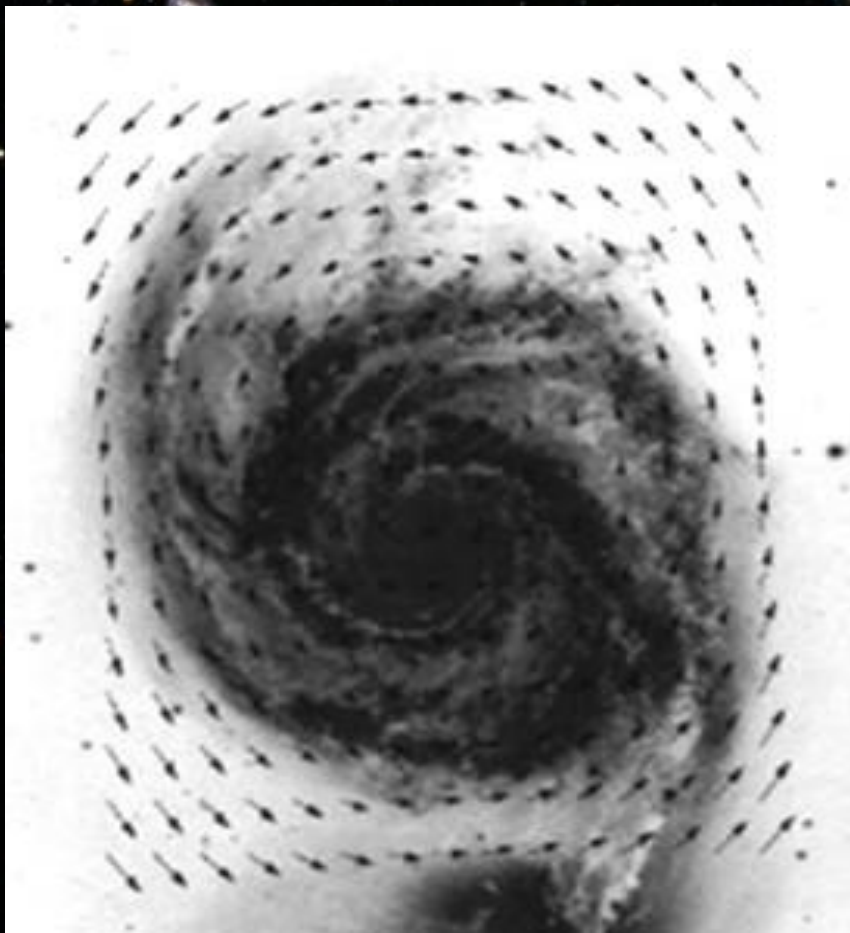
Due sono le grandezze con cui si analizza la cinematica di una galassia: la dispersione di velocità, che rappresenta la quantità che misura i moti disordinati delle stelle e la velocità di rotazione.

Le galassie ellittiche sono sistemi in cui sembrano predominare i moti disordinati, nelle galassie a spirale al contrario, predominano i moti ordinati di rotazione.



Nelle galassie ellittiche le stelle sono distribuite su orbite di forme ed inclinazioni diverse, da cui ne scaturisce una distribuzione caotica dei moti.

E' l'elevata dispersione di velocità ad opporsi al collasso gravitazionale e a conferire la tipica forma alla galassia.



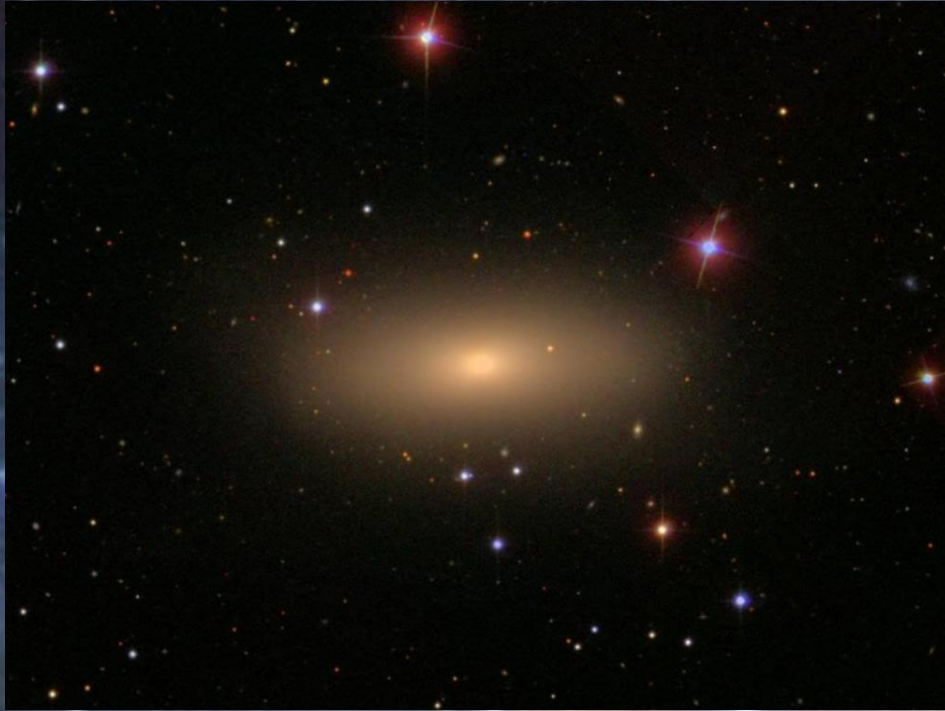
Nelle galassie a spirale o disco dominano i moti ordinati di rotazione intorno ad un asse perpendicolare al disco su cui la maggior parte delle stelle è distribuita.

La significativa velocità di rotazione si oppone al collasso e contribuisce alla formazione dei caratteristici bracci



DATI OSSERVATIVI

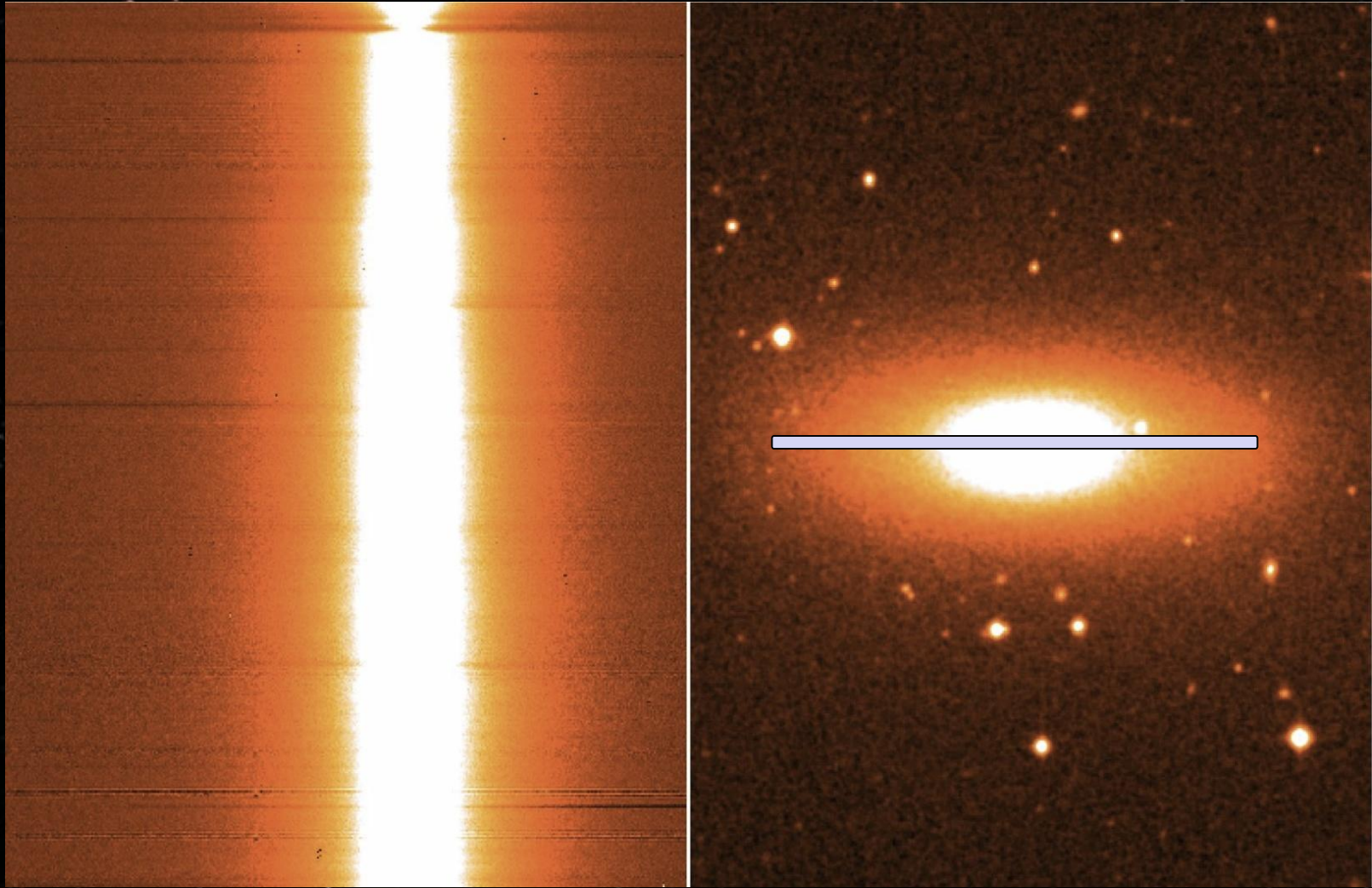
NGC 2768



La galassia è situata nella costellazione dell'Orsa Maggiore

RA(J2000)	09h 11m 37.40sec
Dec(J2000)	+60° 02' 14.0''
Class	E/S0
Size	6.3' x 2.8' / PA: 95°
Magnitude	10.1

Spettro lungo l'asse maggiore



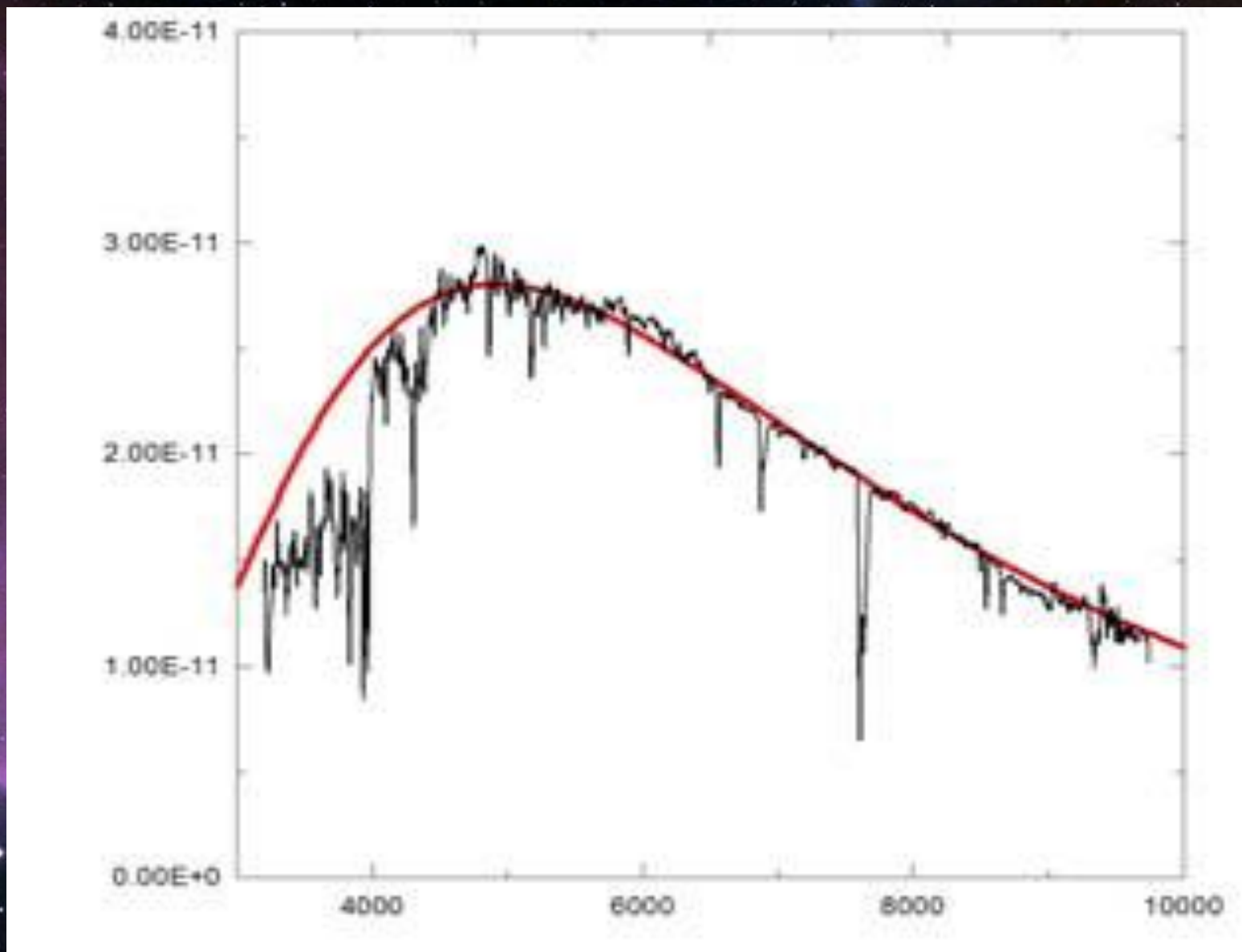
L'intervallo di lunghezza d'onda è fra 5300-7800 Å .

La fenditura, posta lungo l'asse maggiore, è larga 1.26 secondi d'arco e il tempo di posa di 3600 secondi. Sono state fatte due pose da 1800 secondi. La risoluzione spettrale è 13 Å .

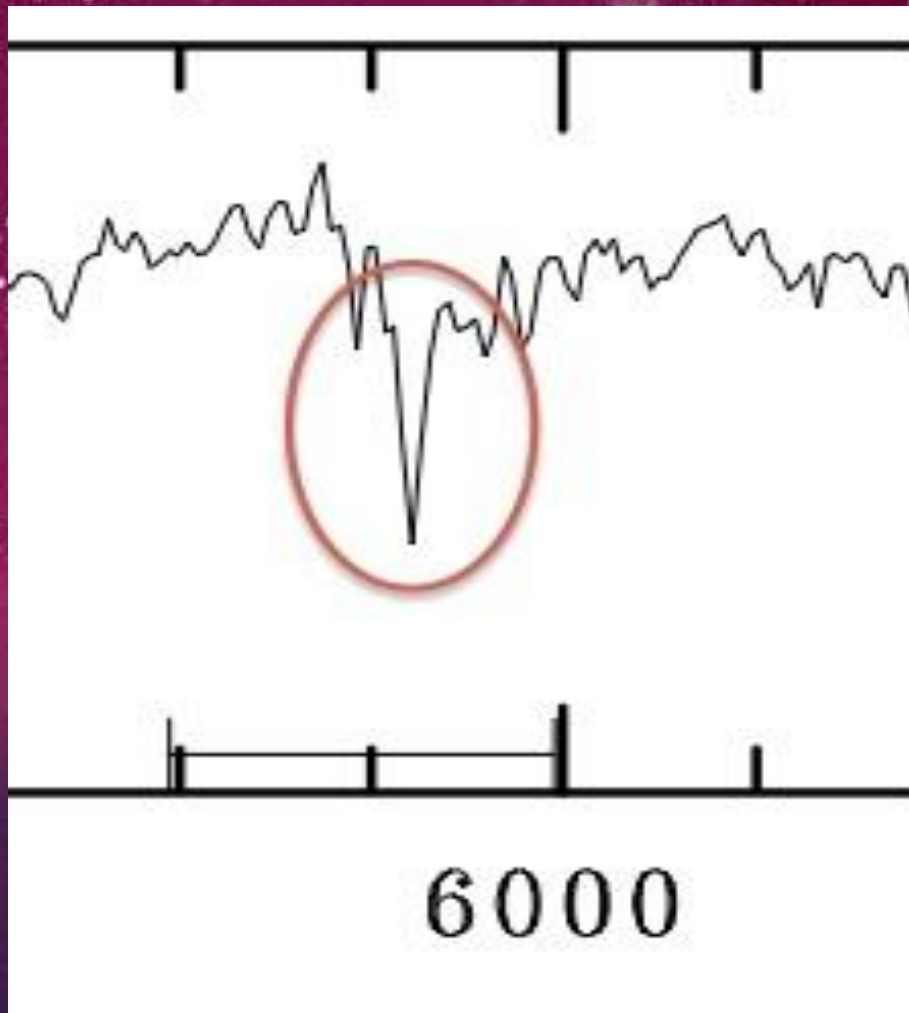
HD 78821



RA(J2000)	09h 12m 36sec
Dec(J2000)	+56 ° 18' 06"
Spectral Type	K
Magnitude	8.311



Questo tipo di stelle dette “fredde” sono di colore rosso-arancio. La loro temperatura è compresa fra 5.000° e 3.500° K, perciò lo spettro è fitto di righe dovute prevalentemente a metalli. Le righe dell'idrogeno sono assai deboli.



In particolare abbiamo analizzato il range di frequenze in assorbimento attorno a $\lambda=5892 \text{ \AA}$ del NaI..

Procedura

Relazione FWHM- σ

Curva di rotazione della galassia

Raggio efficace

Analisi del profilo di brillantezza

Calcolo della massa

Relazione FWHM- σ

Il nostro obiettivo è quello di trovare una relazione tra FWHM e σ .

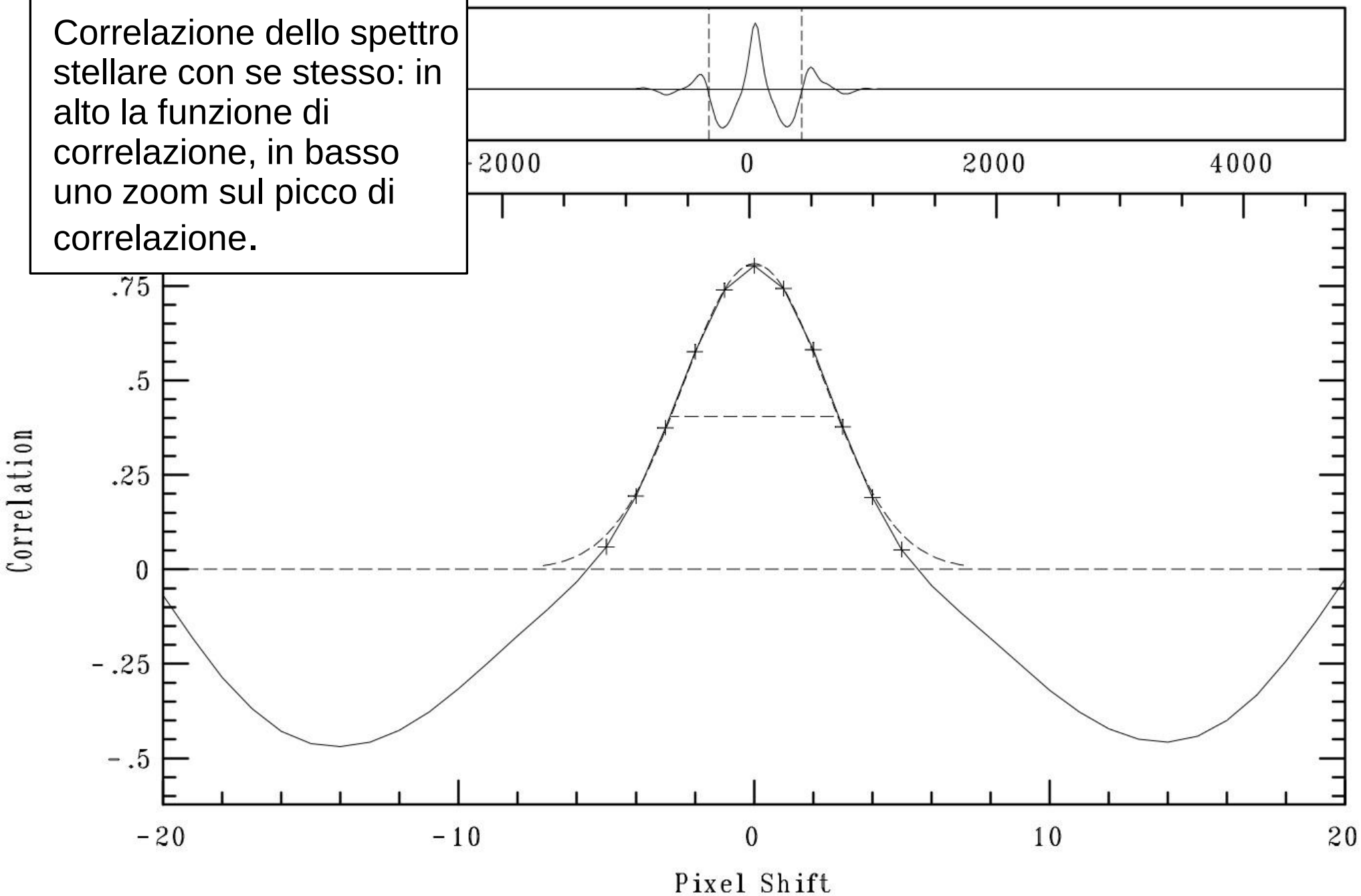
Correliamo lo spettro della stella con se stessa, ma facciamo sì che IRAF adatti la gaussiana, ovvero il profilo di velocità ricavato sperimentalmente, a delle gaussiane note, di cui aumentiamo l'ampiezza con passo di 50km/s.

Otteniamo , così, per ogni σ il valore della FWHM.

Object='sig500' Temp='hd78821' npts=512 aperture=1

Star = '' Template = 'hd78821'

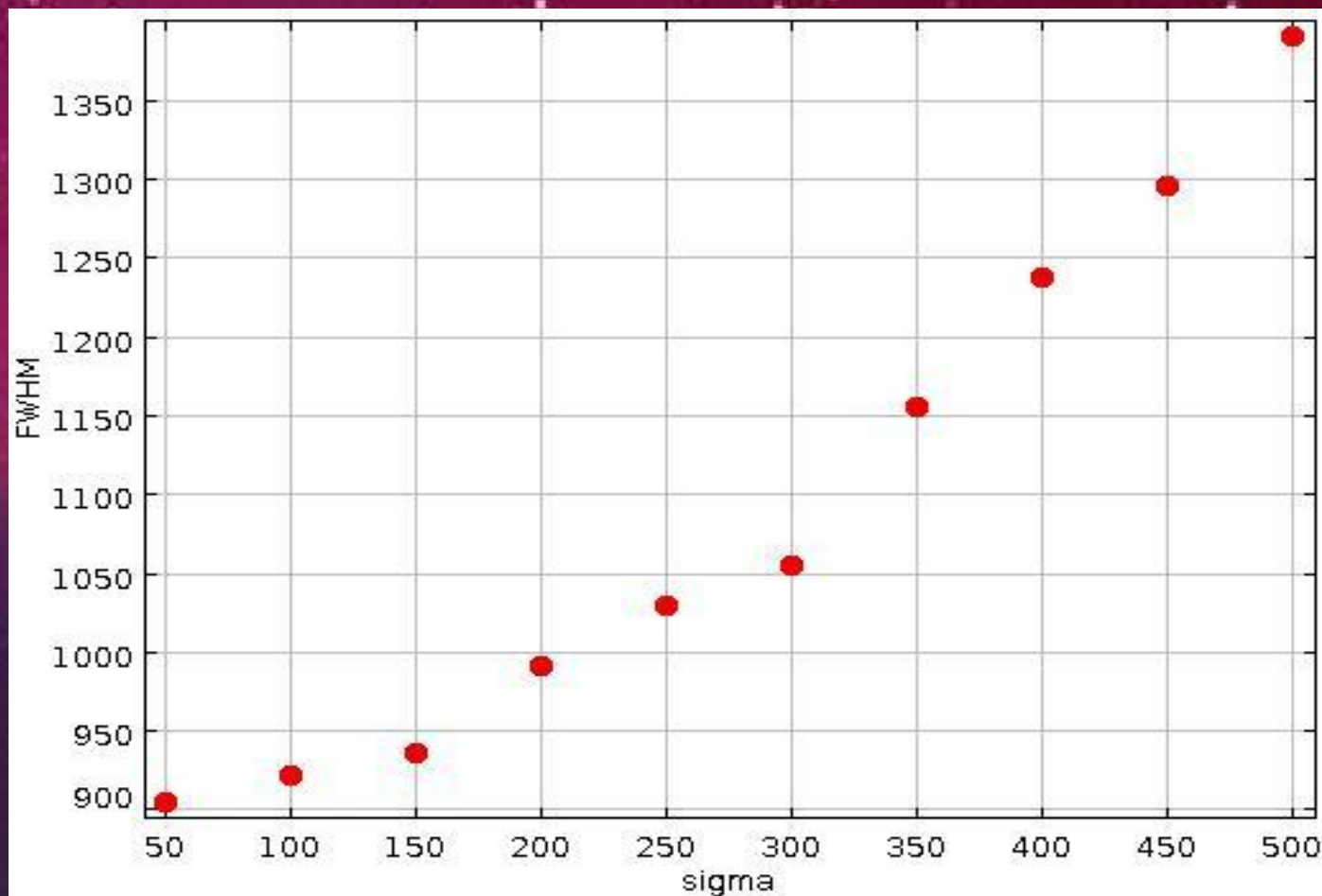
Correlazione dello spettro
stellare con se stesso: in
alto la funzione di
correlazione, in basso
uno zoom sul picco di
correlazione.



FWHM e sigma della stella

Con i valori da noi assegnati a σ e con quelli della FWHM ottenuti con IRAF, costruiamo un grafico.

Questo indica che ad un maggior “broadening” dello spettro corrisponde una più vasta gamma di velocità.



Correlazione della galassia con la stella per intervalli di 7px

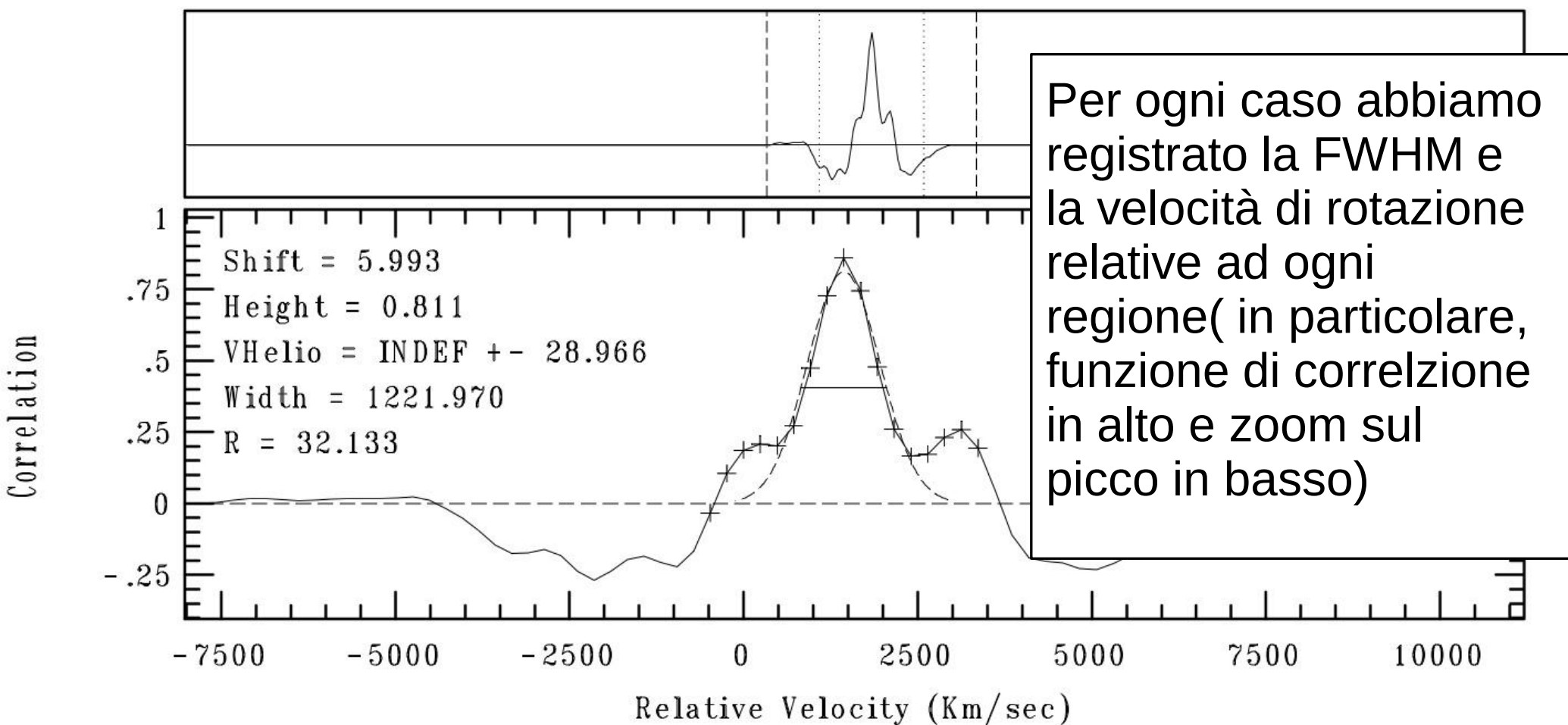
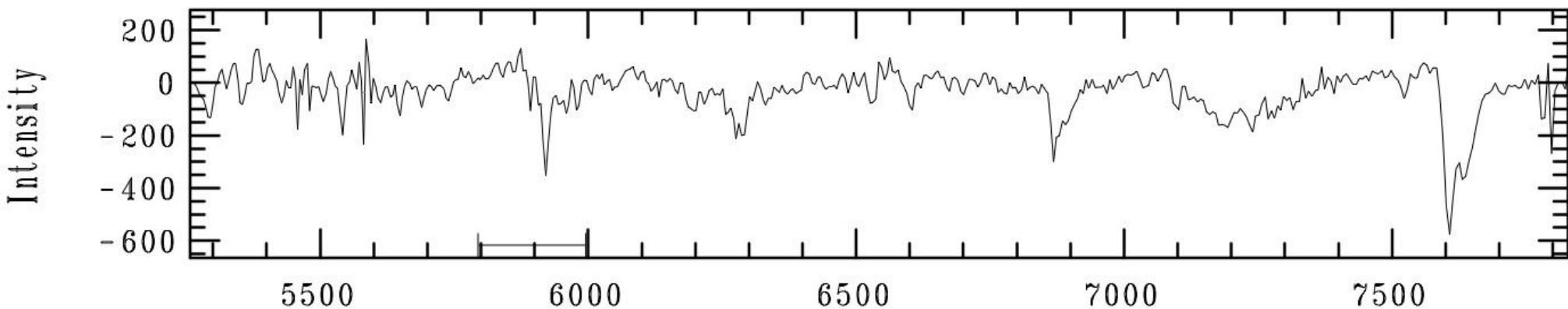
Abbiamo suddiviso lo spettro della galassia in regioni da 7px.

Servendoci del grafico di “calibrazione” da ciascuna FWHM ricaviamo il relativo σ .

Con questo costruiamo un grafico che mette in relazione σ e la distanza dal centro.

Object='ngc2768_630' Reference='hd78821'

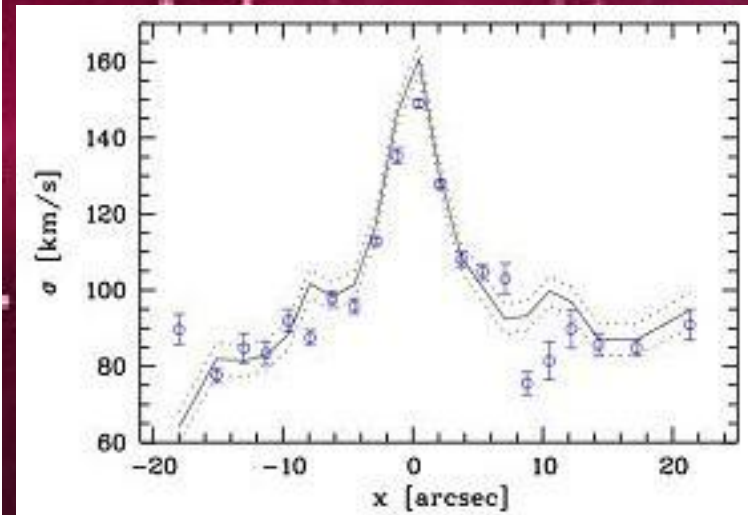
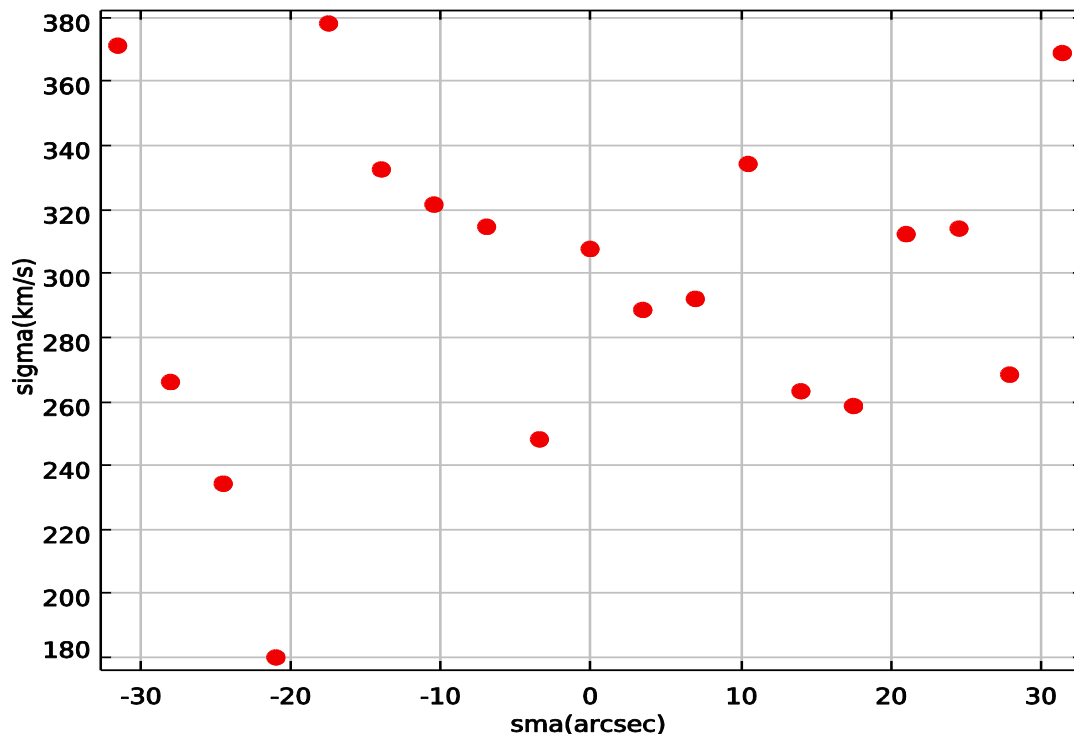
Star='ngc2768' Temp='hd78821' npts=500 aperture=1



Posizione-sigma

Questo grafico descrive la dispersione di velocità al progressivo aumentare del raggio: la distribuzione risulta casuale poiché non vi è simmetria alcuna a destra ed a sinistra del centro.

Questa asimmetria indica che la varietà dei moti all'interno della galassia non si distribuisce come ci aspetteremmo.



Dispersione di velocità in
NGC3377

Curva di rotazione della galassia

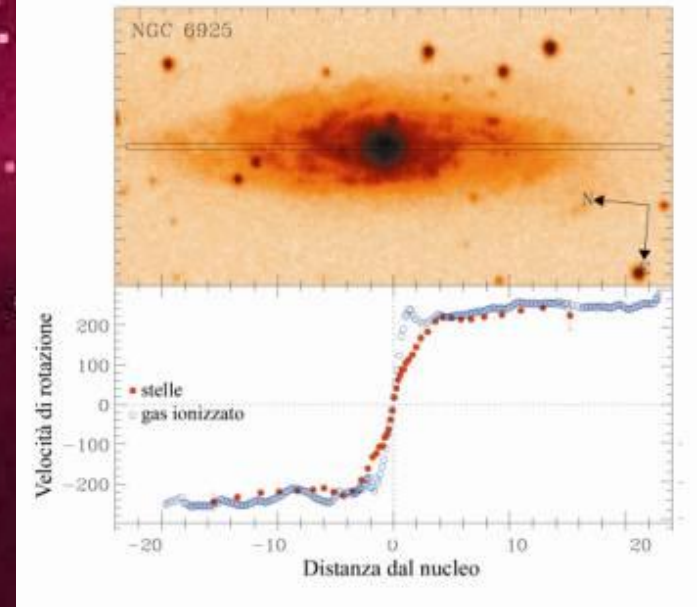
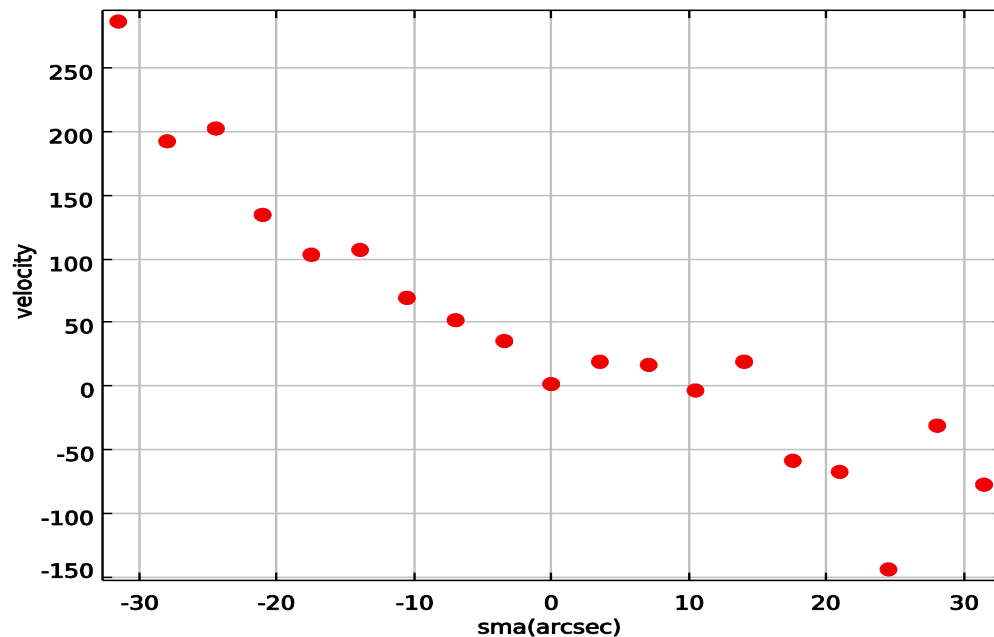
Abbiamo convertito le distanze dal centro da pixel in arcsec:

$$R(r'') = R(px) \times (scala)$$

Costruiamo un grafico che rappresenta la velocità di rotazione della galassia in funzione della distanza dal centro.

Curva di rotazione

La curva di rotazione descrive la velocità con cui, rispettivamente, ogni fascia della galassia si allontana da noi e, quindi, per estensione, sottraendo la velocità della fascia centrale, questa curva ci descrive come la galassia ruoti. In galassie ellittiche ci aspetteremmo velocità molto più basse, rasenti quasi lo zero: qui, invece, la velocità arriva fino a picchi di 250 km/s.

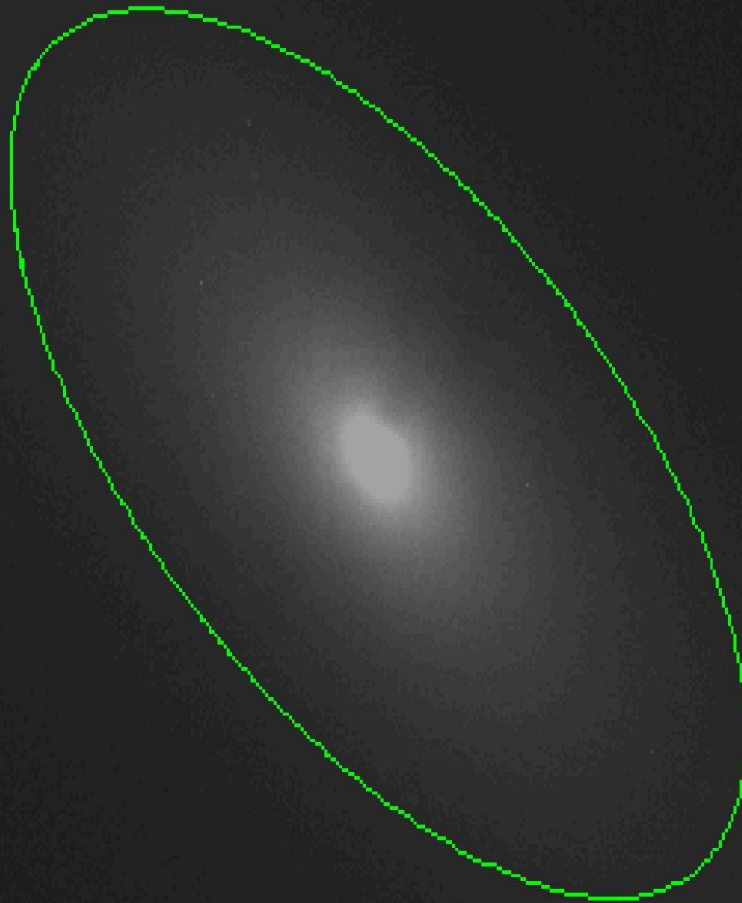


Curva di rotazione della galassia NGC6925, una spirale.

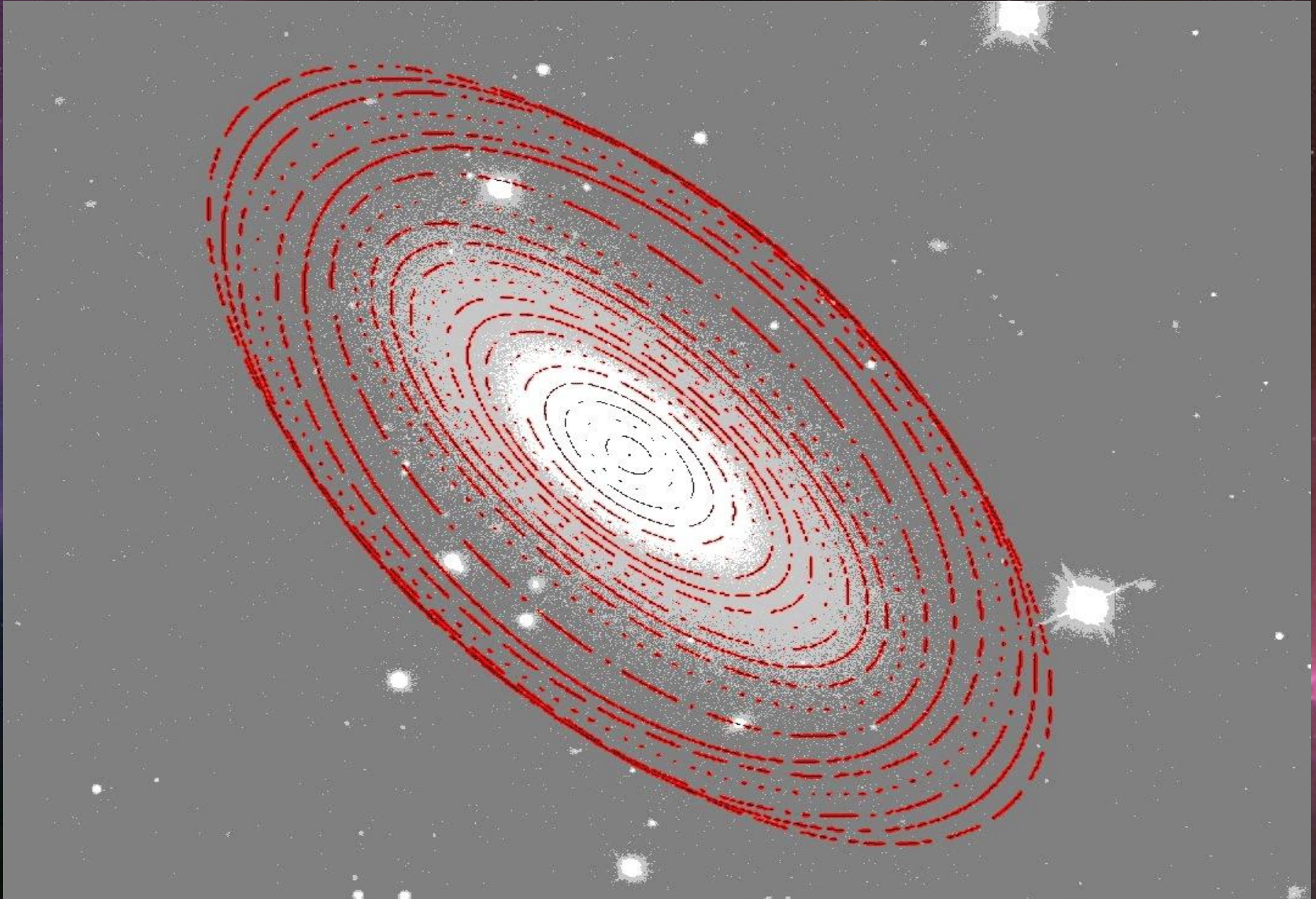
Raggio efficace

- Per calcolare la massa della galassia è necessario conoscerne il raggio efficace(r_e), ovvero il raggio entro cui è contenuta la metà della luminosità della galassia.
- Per dedurre questo parametro dalle nostre osservazioni, studiamo il profilo di brillantezza della galassia, analizzandola con il metodo fotometrico.
- Per perseguire tale scopo utilizziamo il task di IRAF ellipse, il quale calcola le isofote della galassia, approssimate da ellissi. Le isofote sono linee che collegano punti di uguale luminosità. Con queste costruiamo il profilo di brillantezza.

Abbiamo racchiuso la galassia con un'ellisse che ne approssimi bene la forma, determinando con più precisione possibile, le coordinate del centro.



Quindi, il task estrapola i parametri geometrici(sma, e, Pa, etc) e il flusso all'interno di ogni ellisse; ricava inoltre il sma medio e l'intensità media per ogni ellisse.



L'intensità relativa ad ogni singolo anello si ottiene sottraendo al flusso di ciascuna ellisse n-esima quello dell'ellisse (n-1)-esima. Tali valori vanno però modificati, tenendo conto dell'intensità media del cielo e del tempo di esposizione, con la seguente formula:

$$I_{\text{sup}} = \frac{I - (I_{\text{sky}}) \times (N_{\text{pix}})}{t_{\text{exp}} \times A}$$

Diagram illustrating the formula for relative intensity (I_{sup}) with labels for its components:

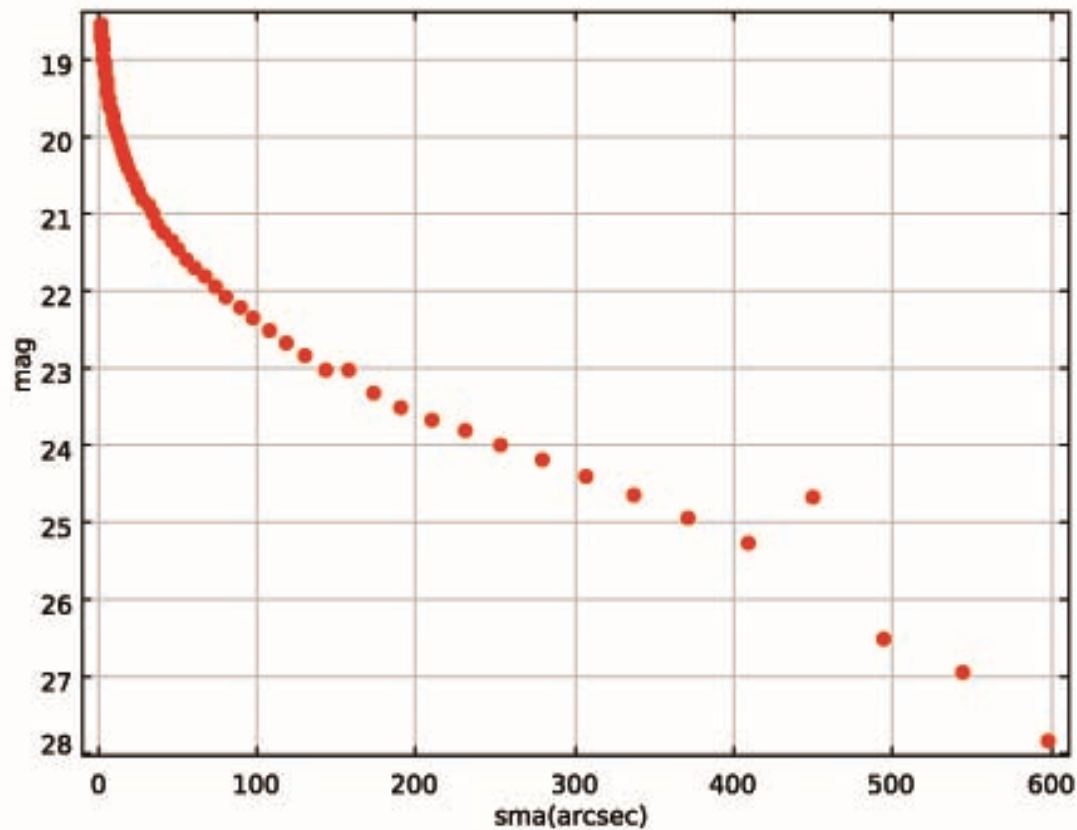
- I : intensità calcolata all'interno del singolo anello
- I_{sky} : intensità media del cielo
- N_{pix} : numero di pixel contenuto entro ciascun anello
- t_{exp} : tempo di esposizione dell'immagine
- A : area in secondi d'arco di ciascun pixel

Attraverso la formula di Pogson si ottiene la brillantezza superficiale per ogni isofota.

$$\mu_e = -2.5 \log_{10}(I_{\text{sup}})$$

Profilo di brillantezza

Il profilo di brillantezza descrive l'andamento della magnitudine strumentale in funzione della distanza dal centro.



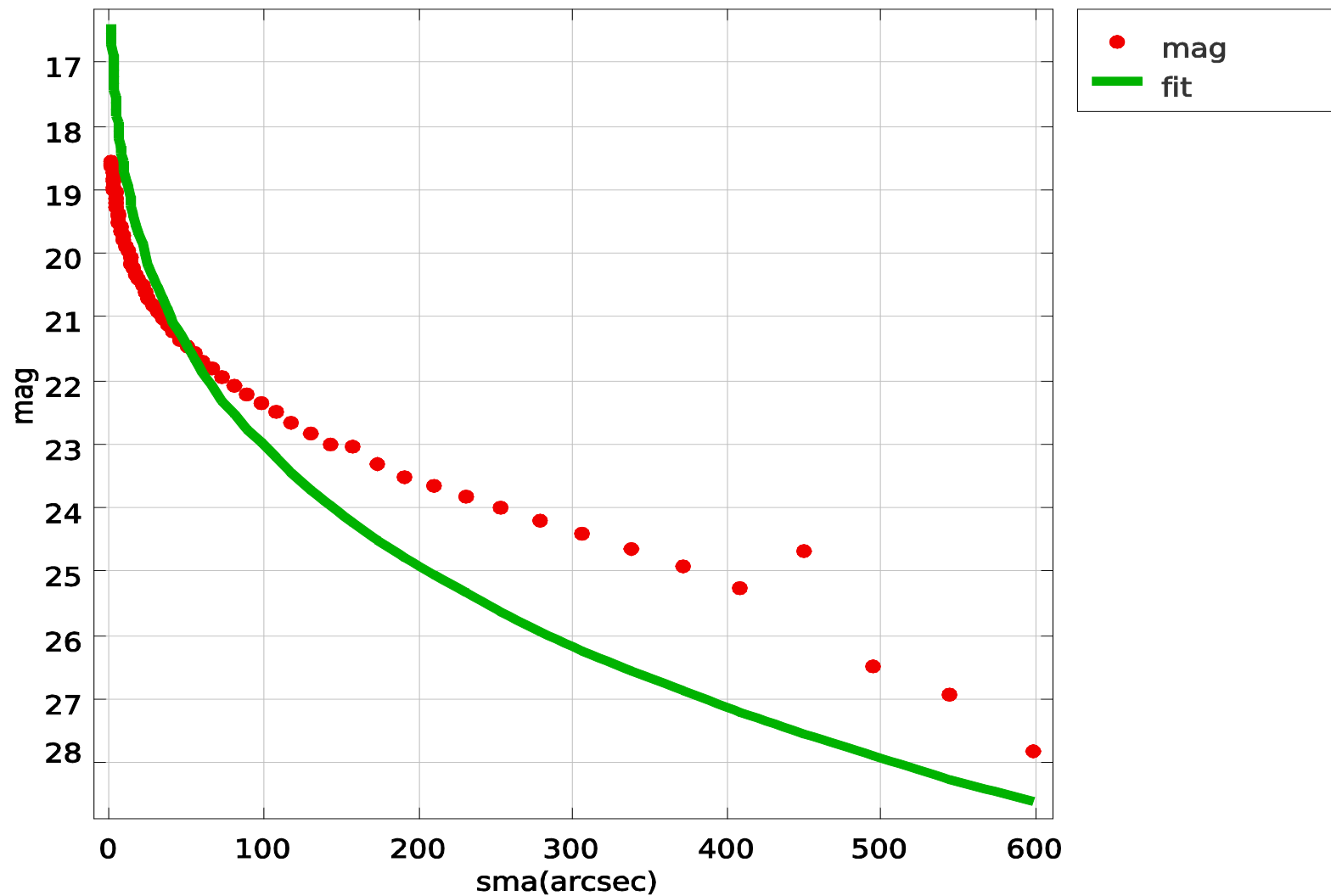
Analisi del profilo di brillantezza

Poiché il profilo di brillantezza della galassia dipende dal suo raggio efficace.

Poiché il nostro profilo è stato ricavato sperimentalmente, cerchiamo, per un confronto, la migliore approssimazione con note leggi empiriche.

Abbiamo applicato la seguente legge di De Vaucouleurs:

$$\mu_{bulge} = \mu_e + 8.325 \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right]$$

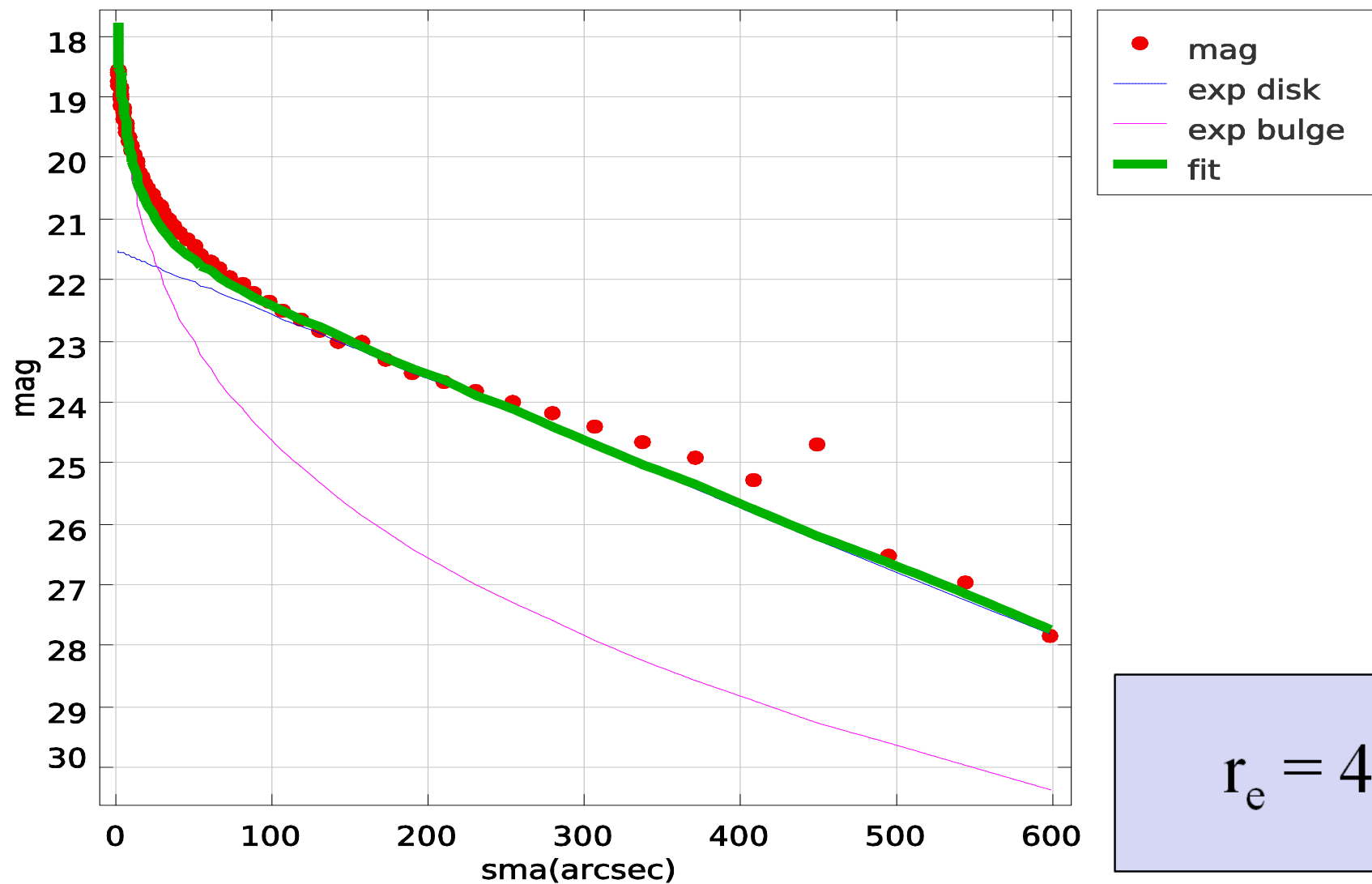


Il fit, però non è soddisfacente; descrive abbastanza bene solo la regione del bulge.

Abbiamo quindi considerato un fit con le
due leggi sperimentali:

PER IL BULGE
$$I_{bulge} = I_e \exp \left\{ -7.67 \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right] \right\}$$

PER IL DISCO
$$I_{disk} = I_0 \exp \left\{ - \left(\frac{r}{h} \right) \right\}$$



$$r_e = 46''$$

Utilizzando queste due componenti otteniamo una miglior curva sperimentale.

Calcolo della massa della galassia

Poichè il raggio efficace è maggiore della distanza massima dal centro considerata per il lavoro (31.5'')

E considerato che non è possibile ricavare il σ dalla distribuzione sperimentale, abbiamo utilizzato il σ della fascia centrale.

$$M = \frac{r_e \times \sigma^2}{0.33 G}$$

$$M = 5.2667 \cdot 10^{41} \text{ kg}$$

$$\text{Ovvero } 2.63 \cdot 10^{11} M_{\odot}$$

Per un'ulteriore conferma abbiamo ricavato la massa della galassia partendo dal teorema del Viriale, utilizzando la seguente formula:

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

Dove R (31,5 arcsec) è il raggio massimo ricavato dalla curva di rotazione e v (200km/s) la corrispondente velocità.

$$M = 5.06 \cdot 10^{40} \text{ kg}$$

$$\text{Ovvero } 2.53 \cdot 10^{10} M_{\odot}$$

Considerando i valori approssimati di σ e r_e presi in esame, riteniamo complessivamente accettabile la differenza di un ordine di grandezza tra i due risultati.

RESULTS

Durante l'analisi della galassia NGC2768 sono emersi alcuni risultati discordanti rispetto alle nostre aspettative.

Dalla curva di rotazione si evince che la galassia ruota con velocità superiori a quelle normalmente riscontrate in galassie ellittiche simili, mostrando un comportamento più simile a quello di galassie barrate o spirali.

Il profilo di brillantezza ottenuto non è proprio di una galassia ellittica, poiché non risulta possibile trovare un fit ottimale per tutta la curva, utilizzando solamente la legge empirica di de Vaucouleurs, ma sono necessarie altre due leggi empiriche esponenziali, una per il bulge e una per il disco.

Troviamo valori di sigma relativamente alti nel nucleo della galassia.

Per concludere quindi, siamo indotti a pensare che NGC2768 sia una S0 o il risultato di un'interazione con un'altra galassia.

Doverosi ringraziamenti vanno:

All'università di Padova, che ci ha permesso di vivere questa bellissima esperienza, in particolar modo al professor Ciroi.

Ai professori responsabili del progetto per la provincia di Belluno, prof. Massimo Ottone e in particolare alla professoressa Margherita Carcò, che ci ha seguito durante l'intero stage e successivamente nella redazione dell'articolo e della presentazione.