

CINEMATICA STELLARE [dispense prof. Pizzello]

Vi sono galassie prive di gas ionizzato per le quali è possibile ricavare informazioni dinamiche solo dalla componente stellare (galassie ellittiche ed s0)

Lo spettro della componente stellare è caratterizzato da **righe di assorbimento** quindi la misura della cinematica risulta più difficile per i seguenti motivi:

- **ASSORBIMENTI PIÙ DEBOLI DELLE EMISSIONI**: assorbimento sempre più debole del continuo stellare quindi dove non ha luce non ha assorbimento
- **RIGHE BLENDED**: non esistono righe di assorbimento isolate, sono spesso in blend con righe vicine quindi non si possono interpolare con una gaussiana
- **ALTA DISPERSIONE DI VELOCITÀ**: può essere dinamicamente più elevata dello galassia stesso (vedi ellittiche), è quindi necessaria misura sia V che σ .

EFFETTO DEL REDSHIFT SULLO SPECTRO → la cinematica stellare viene misurata dall'analisi di una regione spettrale relativamente estesa



(tra 4700 e 5400 Å righe H β , MgI, Fe, Ca o 8400 - 8900 Å ottano al triploto del CaII)

a parità di velocità la variazione della lunghezza d'onda:

- in **unità lineari** dipende da λ_{lab} (= **STIRAMENTO**)

$$z = \frac{(\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{lab}})}{\lambda_{\text{lab}}} = \frac{\sigma}{c} \implies \Delta\lambda = \lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{lab}} = \lambda_{\text{lab}} \frac{\sigma}{c} \propto \lambda_{\text{lab}}$$

- in **unità logaritmiche** non dipende da λ_{lab} (= **TRASLAZIONE**)

$$\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{lab}}(1 + \sigma/c) \quad \text{RIMANE LO STESSO INDEPENDENTEMENTE DALLA RIGA SPECIALE}$$

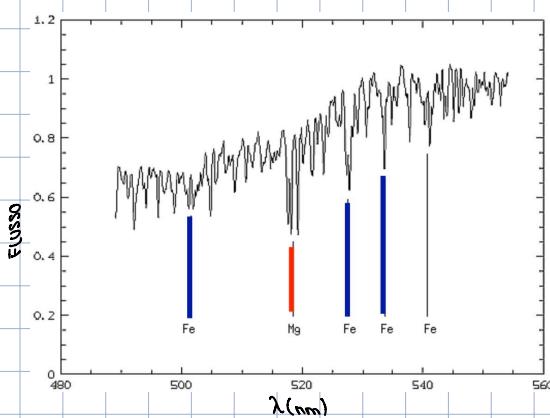
$$\ln(\lambda_{\text{obs}}) = \ln(\lambda_{\text{lab}}) + \ln(1 + \sigma/c)$$

$$\Delta \ln(\lambda) = \ln(\lambda_{\text{obs}}) - \ln(\lambda_{\text{lab}}) = \ln(1 + \sigma/c) \approx \sigma/c$$

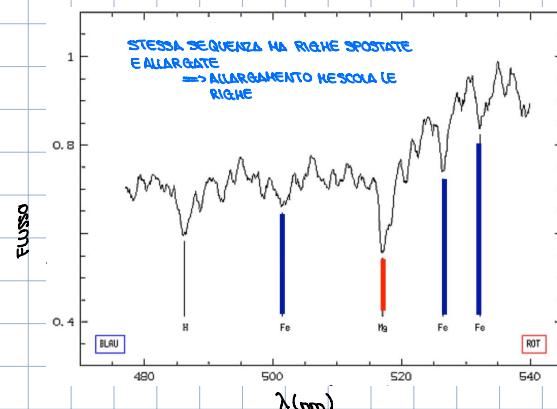
↪ PICCOLO, POSSO FAR ESPANSIONE IN SERIE TRASCORRIDO TERMINI DI ORDINE SUPERIORE

→ CONVIENE RAGIONARE IN UNITÀ LOGARITMICHE PER ELIMINARE LO STIRAMENTO

STELLA KIII



GALASSIA ELLITTICA (H87 - Virgo A)



LINE OF SIGHT VELOCITY DISTRIBUTION (LOSVD) [= DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITÀ ALONG LA LINEA DI VISTA]

È la funzione che indica la percentuale di stelle con velocità radiale σ

Lo spettro di una **generica stella** i di velocità σ lungo la linea di vista è

$$S_\sigma^i(\ln \lambda) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(\ln \lambda') \delta(\ln \lambda' - \ln \lambda - \sigma/c) d\ln \lambda'$$

↪ FUNZIONE DELTA DI DIRAC

→ SPECTRO TRASLATO DI UNA QUANTITÀ DIPENDENTE DA σ/c

Possiamo scrivere lo spettro della galassia come la somma di singoli spettri stellari

$$G(\ln \lambda) = \sum_i S_i^i(\ln \lambda) = \sum_i \int_{-\infty}^{+\infty} S(\ln \lambda') \delta(\ln \lambda' - \ln \lambda - \sigma_i c) d \ln \lambda'$$

che in termini di LOSVD diventa

$$G(\ln \lambda) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(\ln \lambda') \text{LOSVD}(\ln \lambda' - \ln \lambda - \sigma_i c) d \ln \lambda'$$

modulo lo spettro stellare per ricavare quello della galassia (incognito)

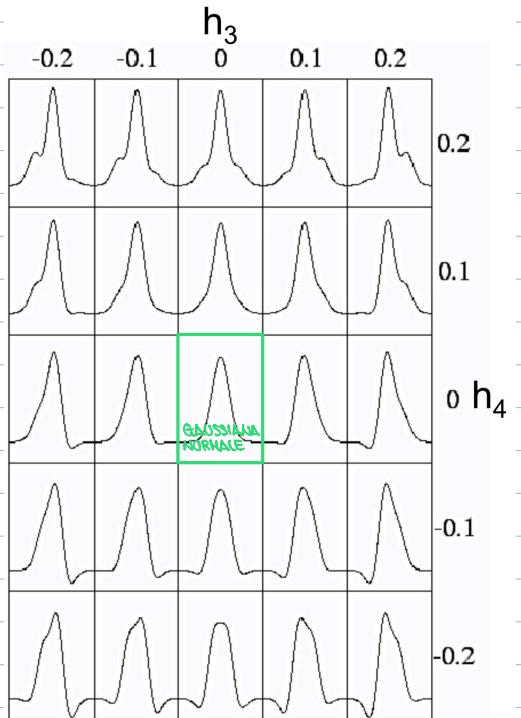
Soltanente la LOSVD viene parametrizzata come una gaussiana con delle deviazioni.

$$\text{LOSVD}(\gamma) = I_0 \exp\left(-\frac{\gamma^2}{2}\right) [1 + h_3 H_3(\gamma) + h_4 H_4(\gamma)]$$

GAUSSIANO DEVIAZIONI

dove:

- $\gamma = (\sigma - \sigma_{\text{stelle}})/\sigma_{\text{stelle}}$
- I_0 = costante di normalizzazione
- $H_3(\gamma) = (2\sqrt{2}\gamma^3 - 3\sqrt{2}\gamma)/\sqrt{6}$
- $H_4(\gamma) = (4\gamma^4 - 12\gamma^2 + 3)/\sqrt{24}$
→ funzioni di Gauss - Hermite
- h_3 = deviazioni simmetriche
- h_4 = deviazioni assimetriche



MISURA DELLA LOSVD → $G(\lambda) = \int_{-\infty}^{+\infty} S[\lambda(1 + \sigma_i c)] \text{LOSVD}(\sigma_i V, \sigma, h_3, h_4) d \sigma$

Possiamo misurarlo utilizzando due metodi diversi (convoluzione)

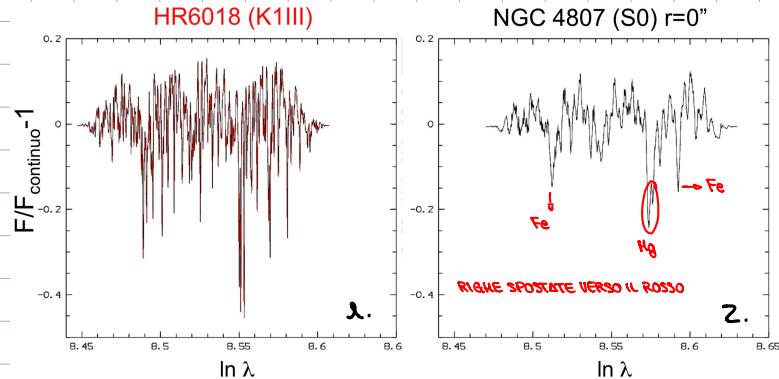
1) DIRECT FITTING METHOD = convoluzione nello spazio ordinario (LOSVD deve essere parametrizzato)
[INTERPOLAZIONE DIRETTA]

$$G = S \otimes \text{LOSVD}$$

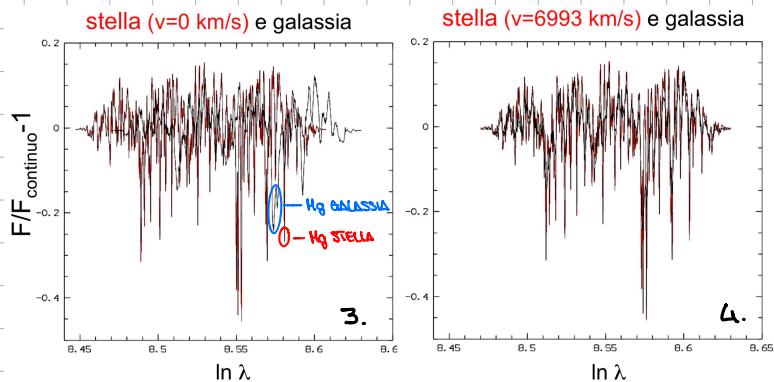
2) FOURIER QUOTIENT METHOD = convoluzione con le trasformate di Fourier
avendo una semplice moltiplicazione

$$\tilde{G} = \tilde{S} \cdot \tilde{\text{LOSVD}}$$

METODO FOURIER QUOTIENT



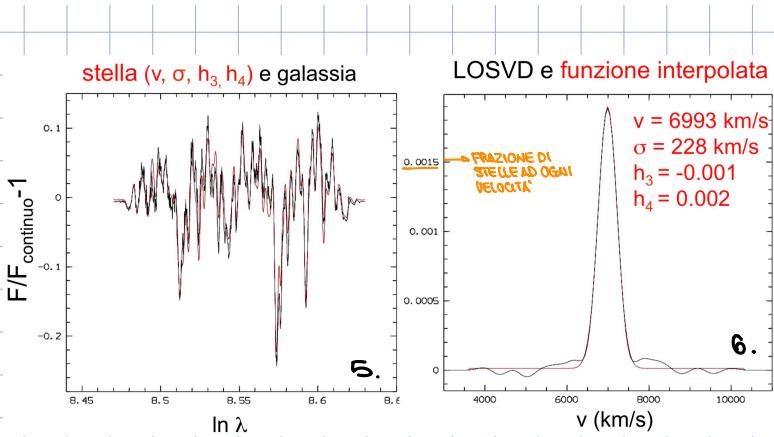
1. spettro di uno stellare di classe K1-III molto vicino allo spettro della galassia
2. spettro della galassia nelle zone centrali



3. spettri sovrapposti non coincidono

4. spettro della stella

corretto per velocità: le righe coincidono ma sono sistematicamente strette

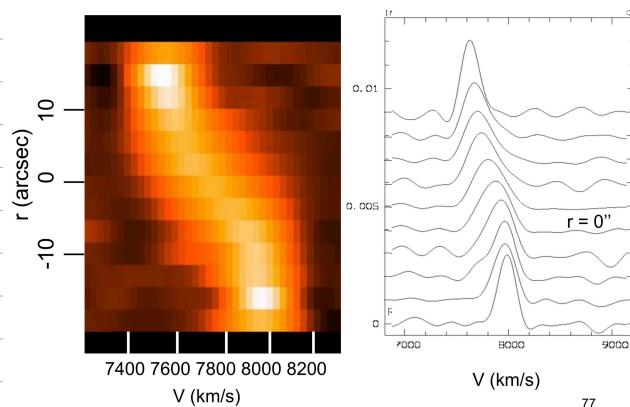


5. spettro stellare allargato

6. LOSVD e funzione interpolata con i parametri trovati [porzione normalizzata, area per oltre l'80% delle stelle]

LOSVD LUNGO TUTTO LO SPECTRO

NGC 4807 LOSVD

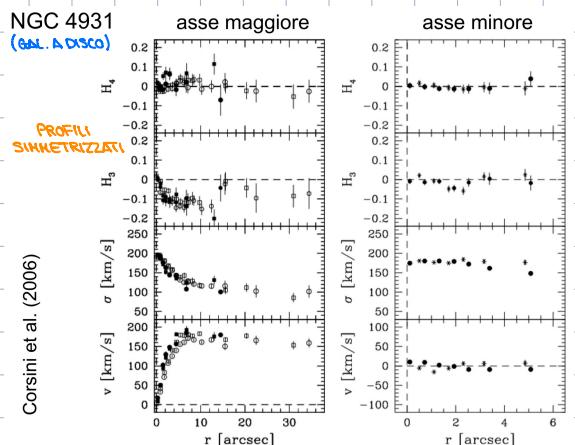


77

CINEMATICA STELLARE SU PIÙ ASSI

NGC 4931

(gal. a disco)



Corsini et al. (2006)

COEFFICIENTI h_3 E h_4

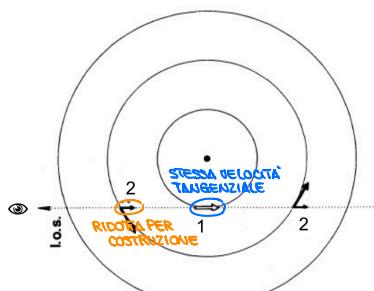
h_3) considera un disco inclinato
stelle si muovono in orbite circolari,
osservatore sulla linea di vista
Velocità orbita 1 sulla linea di
vista maggiore della velocità
orbita 2

Area 1 > area 2 perché
incontro più stelle

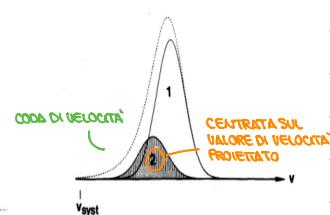
Risultante non è più una gaussiana,

ha una coda di velocità davanti al contributo dell'area 2

$\Rightarrow h_3$ INDICAZIONE DI ROTAZIONE SU ORBITE CIRCOLARI ORDINATE



Bender et al. (1990)



$V>0$ (in allontanamento) $h_3<0$

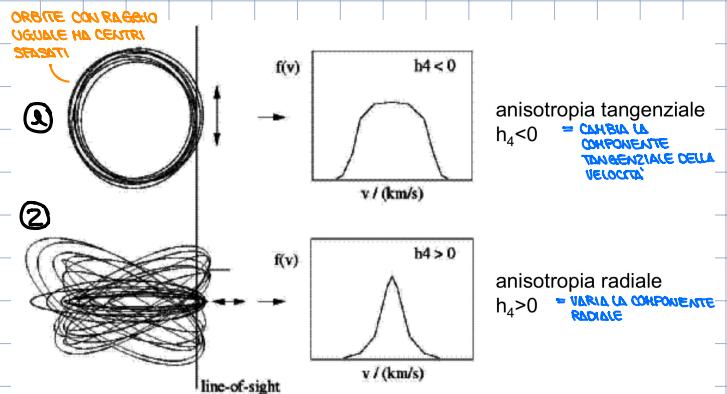
$V<0$ (in avvicinamento) $h_3>0$

h_3 INDICA LA POSIZIONE DELLA CODA DI VELOCITÀ

h₄) Deriva da peculiari distribuzioni delle orbite delle stelle.

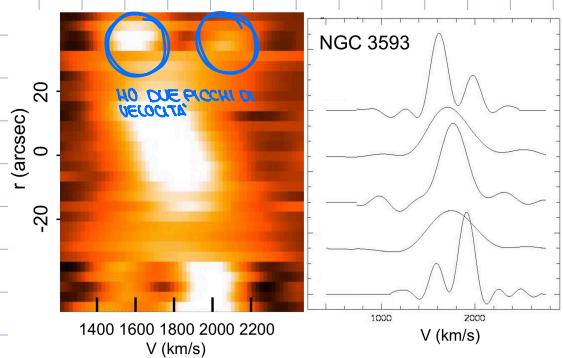
Nel caso ② abbiamo diverse velocità ma il numero di stelle resto costante (= appiattimento).

Caso ② molte stelle con la stessa velocità, varia la componente radiale

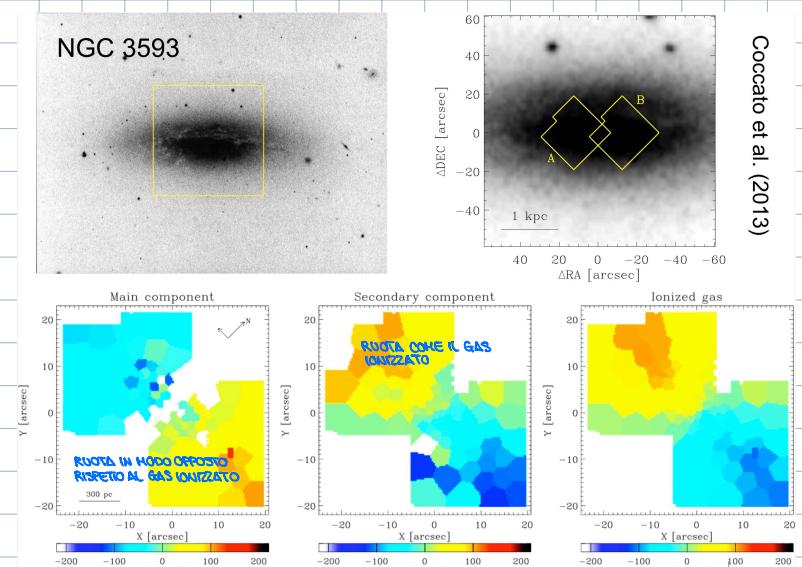
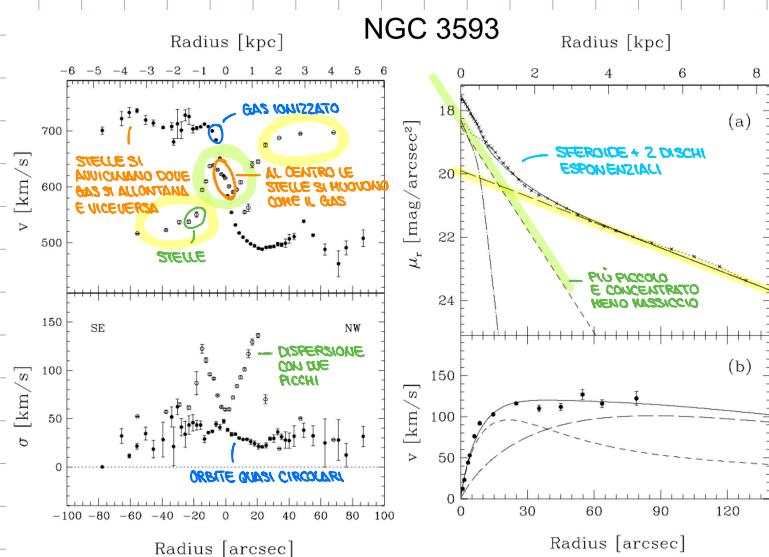


Con informazioni su h_3 e h_4 posso ricostruire la struttura orbitale della galassia \Rightarrow processo di formazione ed evoluzione

LOSUA X : DISCHI STELLARI CONTROROTANTI



NGC 3593 ha uno anelastico molto particolare: due dischi che ruotano in modo opposto



\rightarrow spettroscopio a campo integrale di NGC 3593 dal VLT

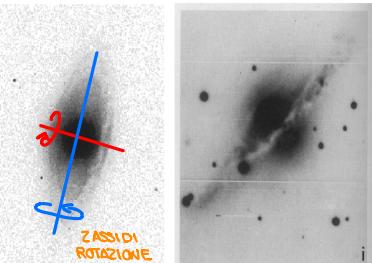
MOTIVAZIONE DISCO CONTROROTANTE:

la galassia ha attratto del gas che ruota in modo opposto da cui si creano a formare nuove stelle che dunque avranno lo stesso verso di rotazione del gas

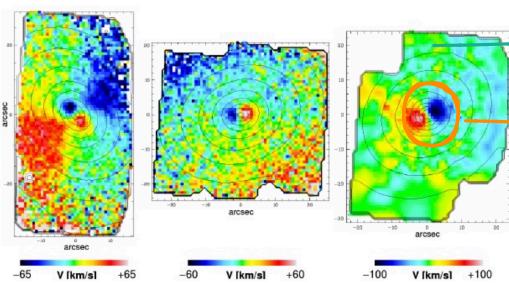
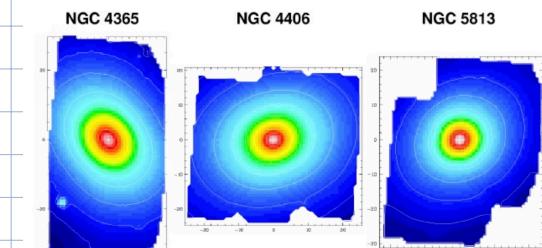
\Rightarrow STELLE INTERNE SONO GRANDI (primi tipi spettrali.)
[si può vedere lo scorrere del gas]

DISACCOPPIAMENTI CINEMATICI

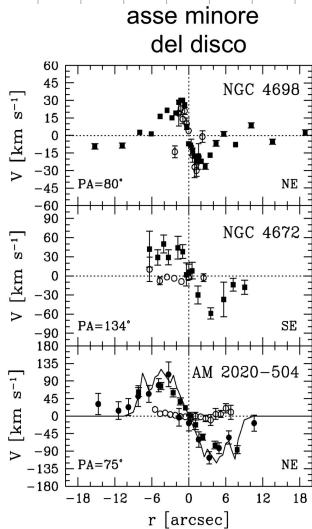
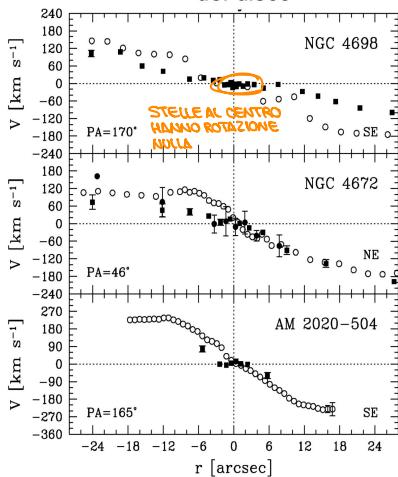
NGC 4698 (Sab) NGC 4672 (Sa pec) AM 2020-504 (PR E4)



CAG Panel 76 PRC C-42 Plate 146 PRC B-19 Plate 145



asse maggiore
del disco



Nelle porzioni interne hanno scambiato
tra asse minore e asse maggiore

→ non ruota

→ nelle regioni centrali ruota molto velocemente