

Studio morfologico della galassia a spirale NGC234

Giulia Alessio, Ilaria Negrin, Ilaria Pieretti

Liceo Scientifico “Tito Lucrezio Caro”, Cittadella

SOMMARIO

Dopo aver assistito a sette lezioni di astrofisica tenute da professori universitari al liceo scientifico Curiel e dopo aver superato la prova finale (un test), dal 7 al 10 febbraio 2007 abbiamo partecipato a uno stage presso l'Osservatorio Astrofisico di Asiago.

Poiché la prima sera il cielo era nuvoloso, abbiamo utilizzato immagini presenti nell'archivio della Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Questi dati sono stati da noi elaborati, nei giorni seguenti, con l'impiego dei programmi DS9, IRAF ed EXCEL.

Il lavoro a noi assegnato è lo studio della fotometria della galassia spirale NGC234 che ci porterà ad affermare, dopo aver analizzato il profilo di brillantezza della galassia, la distribuzione e la formazione stellare al suo interno, che essa è di tipo morfologico Sc e inoltre barrata.

I. INTRODUZIONE

Il termine *galassia* indica un insieme di stelle, gas, polveri e probabilmente materia oscura legate fra loro gravitazionalmente orbitanti intorno al *centro galattico*.

Secondo la classificazione morfologica di Hubble esse si dividono in quattro famiglie: ellittiche, lenticolari, irregolari e spirali. Nelle galassie di quest'ultima categoria, si assiste ad una formazione continua di stelle, localizzata nelle vicinanze dei bracci; mentre il bulge è costituito in prevalenza da stelle più vecchie e meno calde.

Tre le galassie spirali, così chiamate per la presenza di bracci che conferiscono loro una forma appunto “a spirale”, rientra la galassia NGC234 (Fig. 1) della quale abbiamo studiato la *fotometria* nelle bande I ed R e, attraverso l'uso delle isofote, approssimate a una forma ellittica, abbiamo calcolato i valori relativi

all'angolo di posizione, all'ellitticità, alla magnitudine e alla brillantezza in funzione del semiasse maggiore.



Figura 1: Immagine della galassia NGC234

II. DATI OSSERVATIVI

Il corpo celeste identificato con la sigla NGC234, scoperto da W. Herschel il 14 ottobre 1784, è una galassia spirale di tipo barrato, localizzata nella direzione della costellazione dei Pesci. La sua ascensione retta di 00h 43m 32,3s e la sua declinazione 14° 20' 33" ci informano sulla sua posizione nella sfera celeste, mentre il valore del *redshift* $z=0.0148$ indica la velocità con cui essa si sta allontanando dalla Terra. La magnitudine apparente di NGC234 è circa 12,6; questo significa che la sua luminosità apparente è molto bassa.

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

STUDIO DELLE ISOFOTE:

Il nostro lavoro è cominciato con lo studio della luce emessa dalla galassia attraverso l'applicazione di modelli matematici (le *isofote*). Lo scopo è quello di ottenere un grafico che rappresenti il profilo di brillantezza della galassia.

Le isofote sono quelle linee ideali che congiungono tutti i punti della galassia di uguale intensità luminosa. Queste linee non descrivono una figura geometrica precisa, ma la reale distribuzione della luce. Per renderne quindi più semplice lo studio abbiamo interpolato le isofote trovate con delle ellissi regolari (Fig. 2) utilizzando il task *ellipse* di IRAF, un software di riduzione e analisi di dati astronomici.

Più una galassia è regolare, più le ellissi ottenute tendono a essere concentriche e con lo stesso angolo di posizione, che indica come la galassia è orientata in cielo.

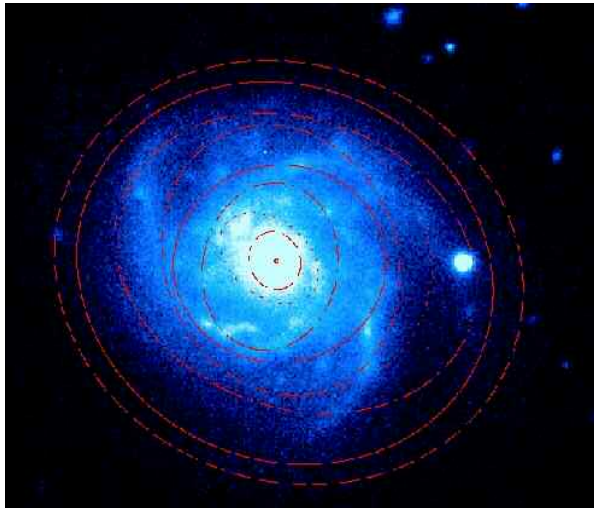


Figura 2: La galassia NGC234 con sovrapposte le isofote

Come parametri liberi iniziali, abbiamo inserito le coordinate del centro, l'ellitticità e l'angolo di posizione, stimati in prima approssimazione con ds9, in modo tale che il software trovasse una serie di ellissi con i propri angoli di posizione ed ellitticità. Abbiamo quindi preso in considerazione unicamente le ellissi tracciate entro i limiti della nostra galassia.

Alla seconda iterazione, abbiamo eseguito lo stesso procedimento tenendo il centro fisso. Con i dati ottenuti riguardanti *ellitticità* (e), *angolo di posizione* (P.A.), e *coordinate dei centri* (x_0 e y_0) delle varie ellissi abbiamo elaborato, con l'ausilio del programma EXCEL, dei grafici (Fig. 3) in funzione del *semiasse maggiore* (SMA).

Per valori del semiasse maggiore compresi tra 5 e 20 *arcsec* si può osservare che l'ellitticità cresce fino a un massimo, mentre l'angolo di posizione rimane pressoché costante, entro gli errori.

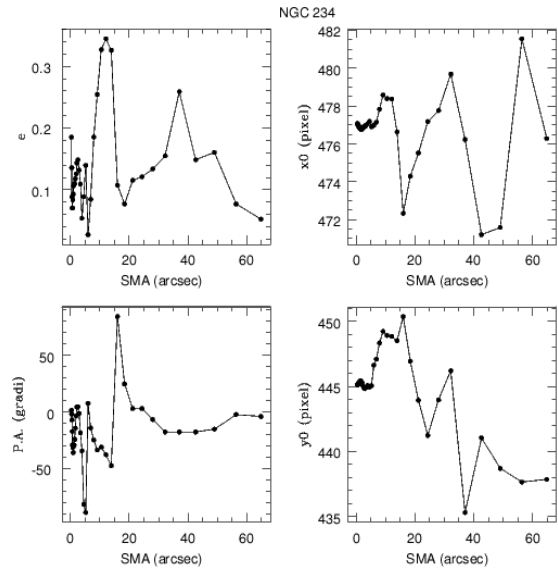


Figura 3: I parametri delle ellissi in funzione della distanza dal centro

Questa è una chiara indicazione che la galassia presa in considerazione è di tipo barrato.

Dai dati ricavati sull'intensità luminosa (I) delle singole isofote invece si è calcolata la *magnitudine* strumentale in entrambe le bande secondo la formula:

$$m_s = -2.5 \log I$$

I risultati ottenuti sono stati inseriti in un grafico (Fig. 4) che rappresenta l'andamento della brillantezza superficiale in mag/arcsec^2 in funzione della lunghezza del semiasse maggiore (SMA).

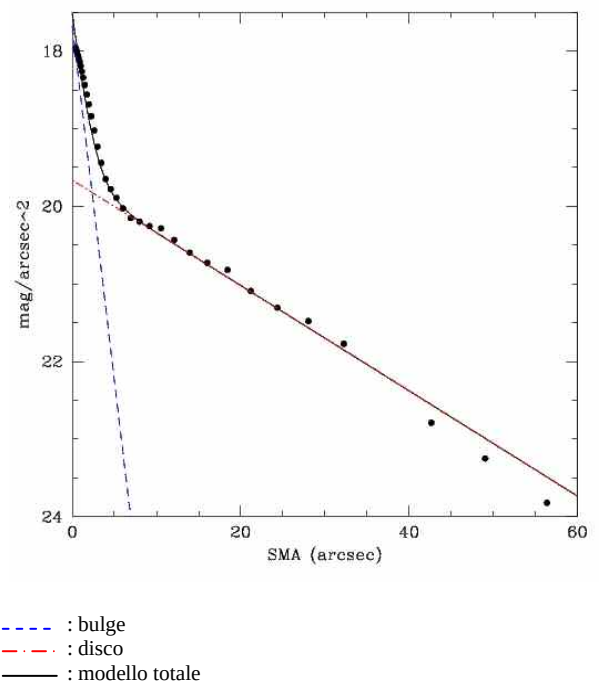


Figura 4: Profilo di brillantezza della galassia riprodotto con un disco (rosso) + un bulge (blu)

Si può osservare come il profilo di brillantezza superficiale segua un andamento ben preciso. In generale, l'andamento dell'intensità del bulge delle galassie a spirale segue la legge di de Vaucouleurs, dalla quale integrando si ricava l'intensità totale del bulge:

$$I_{\text{bulge}} = 22.66 I_e r_e^2$$

dove r_e indica il raggio efficace, ovvero il raggio all'interno del quale è contenuta metà della luce della galassia, I_e è l'intensità al raggio efficace.

L'intensità del disco è invece espressa dalla legge di Freeman:

$$I_{\text{disco}} = 2\pi I_0 h^2$$

dove h è la lunghezza di scala del disco e I_0 l'intensità corrispondente a $r=0$.

Il nostro obiettivo è quello di trovare i valori da attribuire a r_e , I_e , I_0 e h in modo tale che la composizione delle leggi di de Vaucouleurs e di Freeman dia come risultato una funzione descrivente il profilo di brillantezza di NGC234. Sulla base di questi valori è quindi possibile calcolare quanto valgono le intensità del disco e del bulge attraverso le leggi precedentemente citate. Sommando le due intensità si ottiene l'intensità luminosa totale della galassia e se ne ricava la magnitudine strumentale totale:

$$m_{\text{s tot}} = -2.5 \log (I_{\text{bulge}} + I_{\text{disco}})$$

Si può inoltre ricavare il rapporto tra l'intensità del bulge e quella del disco o quella totale. In questo modo si può vedere qual è l'apporto fornito dal bulge all'intera galassia in termini di luminosità.

La magnitudine strumentale non rispecchia però la magnitudine reale del corpo celeste, in quanto risulta influenzata dal contributo del cielo, dal sistema fotometrico utilizzato e dalle particolari condizioni di osservazione. L'effettiva magnitudine della galassia si ricava dalla formula:

$$m = m_0 + m_s - kx$$

dove m_0 è una costante positiva che dipende dal filtro utilizzato per l'osservazione, k l'indice di estinzione dell'atmosfera ad una determinata lunghezza d'onda e x la massa d'aria. Da quest'ultima dipende infatti la quantità di radiazione luminosa rifratta e/o assorbita dall'atmosfera, che aumenta al diminuire della lunghezza d'onda.

MODELLI TEORICI:

Per visualizzare in modo più immediato le differenti intensità luminose delle diverse zone della galassia si ricorre alla utilizzo di modelli teorici basati sul precedente studio delle isofote (Fig. 5).

Come vediamo dalla figura, la distribuzione in falsi colori delle intensità nel modello in banda R è omogenea; ciò significa che le sorgenti luminose emettenti in questa banda sono presenti in numero notevole all'interno della galassia. Per questo motivo il programma non ha dovuto costruire (se non in pochissimi punti) isofote ipotetiche dovute alla mancanza di soggetti luminosi emettenti in banda R. Come denota però la presenza di diversi colori, le stelle che si trovano nel bulge emettono una maggior radiazione luminosa in questa banda rispetto alle stelle del disco.

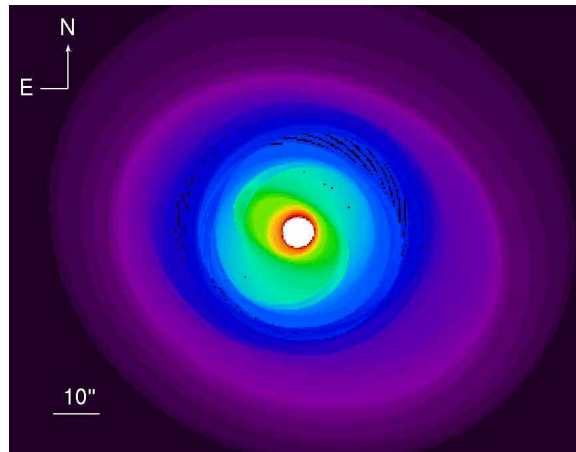


Figura 5: Modello della galassia ottenuto dallo studio delle isofote

RESIDUI:

Il risultato ottenuto sottraendo all'immagine reale il modello teorico sono i *residui*; essi indicano le strutture della galassia che si discostano da un modello di isofote ellittica (ad es barre, anelli, bracci di spirale, etc.). L'immagine inserita in seguito riporta il residuo ottenuto dallo studio delle immagini in banda R (Fig. 6). I colori brillanti mettono in evidenza le zone in cui si registra una più alta emissione di radiazione in banda R rispetto a quella prevista. Questa discrepanza è riconducibile a una maggior concentrazione di stelle giovani nei bracci, individuabili come zone di formazione stellare.

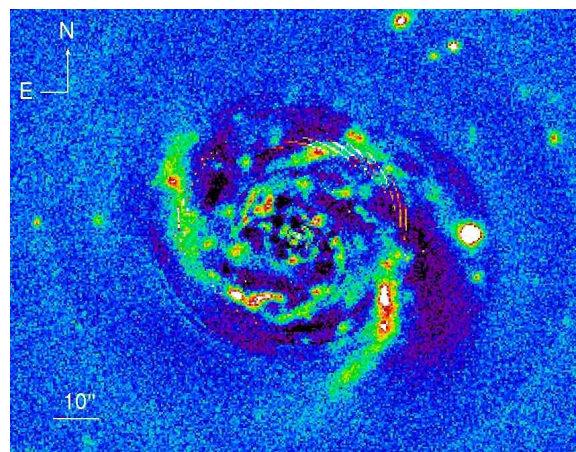
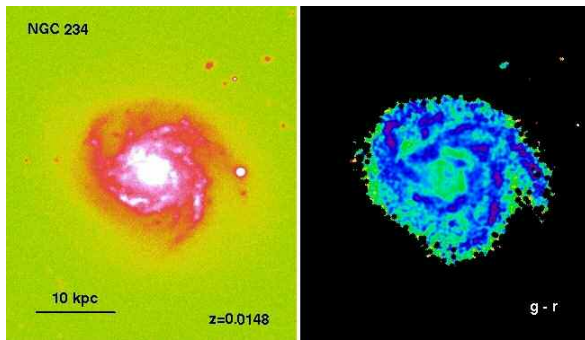


Figura 6: Il residuo dopo la sottrazione del modello

COLORE:Figura 7: L'immagine colore $g-r$ della galassia NGC234 (a destra)

L'immagine definita " $g-r$ " (Fig. 7) deriva dalla sottrazione pixel per pixel delle magnitudini nelle bande g ed r .

$$g-r = m_g - m_r = -2.5 \log f_g - (-2.5 \log f_r) = 2.5 \log (f_r / f_g)$$

con m_g , m_r : magnitudini nelle bande g ed r rispettivamente, e f_r , f_g : flussi nelle bande g ed r rispettivamente.

Se il valore ottenuto dalla differenza è elevato significa che l'emissione di radiazione nel rosso è maggiore di quella in banda g ; se invece è basso ci sarà un predominio di emissione in banda g .

Nello studio del colore è stato preso in considerazione il rapporto tra il valore delle emissioni in banda g e r .

È importante ricordare che i risultati ottenuti non sono influenzati dal fatto che una stella più blu emette molta più energia di una più rossa per ogni lunghezza d'onda.

Dall'immagine del colore ottenuta si osserva come le stelle più blu siano presenti in quantità maggiore nei bracci della spirale, mentre quelle più rosse si trovino in prevalenza nel bulge. Dato che tipicamente le stelle giovani sono blu, possiamo dedurre che le zone di formazione stellare coincidono proprio con i bracci.

L'immagine di sinistra invece mostra semplicemente la galassia osservata in banda R .

IV. RISULTATI

Calcolando la differenza fra la magnitudine del bulge e la magnitudine totale e inserendo il valore ottenuto nel grafico della classificazione delle galassie in base al rapporto BULGE/TOTALE, si ricava che la galassia spirale NGC234 è di tipo Sc.

Infatti il valore da noi trovato tramite l'operazione:

$$\Delta m = m_{\text{tot}} - m_{\text{bulge}} = (11.6 - 8.5) \text{ mag} = 3.1 \text{ mag}$$

con T : tipo morfologico e Δm : differenza tra la magnitudine totale e quella del bulge.

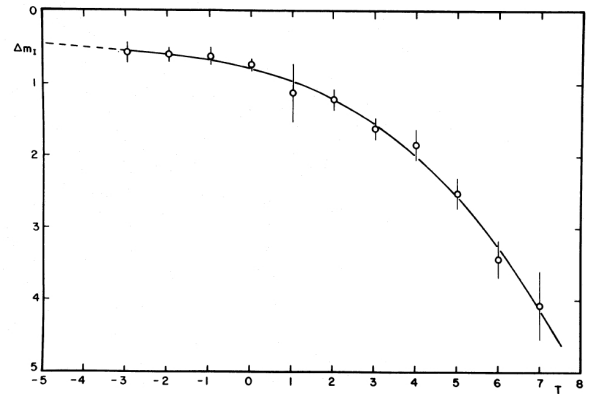


Figura 8: Grafico per determinare la morfologia di una galassia (da Simien & de Vaucouleurs)

è circa 3. Individuato quindi nel grafico precedente (Fig. 8) il punto di ordinata 3 vediamo che la sua ascissa ha un valore compreso tra 5 e 6. Sapendo che i valori inferiori allo zero corrispondono a galassie ellittiche e quelli superiori allo zero a galassie spirali, e che precisamente le Sc occupano l'intervallo di valori che va da 4 a 6, possiamo appunto affermare che NGC234 è una Sc. Ciò significa che è presente una gran quantità di regioni con formazione stellare, nelle quali come visto in precedenza la presenza di stelle blu è elevata, e che i bracci di spirale sono più aperti.

Dall'analisi delle isofote, e in particolare dell'angolo di posizione e dell'ellitticità, abbiamo ricavato che questa galassia presenta una barra, quindi il tipo morfologico è SBc.