

Dispersione di velocità, massa e luminosità del gruppo compatto di galassie HCG 51

Gabriele Grittani, Matteo Carlesso, Marco Erriquez

Scuola Navale Militare “F.Morosini”, Venezia

ABSTRACT

HCG 51 is an Hickson Compact Group and it is composed by five galaxies, which have similar recession velocities, discording no more than 1000 km/s. Starting from spectroscopic data taken with the Galileo telescope of Asiago Observatory, we have calculated the velocities of the galaxies to verify their belonging to the group. Then we found out the mass of HCG 51, that is around $8 \cdot 10^{12}$ solar masses, and its age that is around $2 \cdot 10^8$ years. Our results are well in agreement with previous scientific researches.

I. INTRODUZIONE

Si definisce compatto un gruppo di galassie che abbiano una dispersione di velocità dell'ordine di 100 km/s, ne è un esempio HCG 51 (Hickson Compact Group), composto da 5 galassie.

Dopo aver ripulito gli spettri ottenuti col telescopio dell'osservatorio di Asiago da interferenze dovute alle caratteristiche del CCD (Charge Coupled Device) e alla presenza dell'atmosfera, analizzando le righe di emissione si calcola il redshift con la formula:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

dove z è il redshift, λ la lunghezza d'onda osservata della riga spettrale e λ_0 il suo valore per una sorgente a riposo. Il suo spostamento verso il rosso si definisce *redshift*.

A questo punto con la relazione:

$$v = z \cdot c$$

dove v è la velocità della galassia, z è il redshift e c è la velocità della luce si trovano le velocità delle singole galassie e si può subito verificare la loro appartenenza

al gruppo o meno. Partendo da questi dati si procede al calcolo della massa del gruppo.

II. DATI OSSERVATIVI

A nostra disposizione abbiamo avuto immagini in formato .fits provenienti dal CCD. Queste erano:

- l'immagine di HCG 51 (Fig. 1)

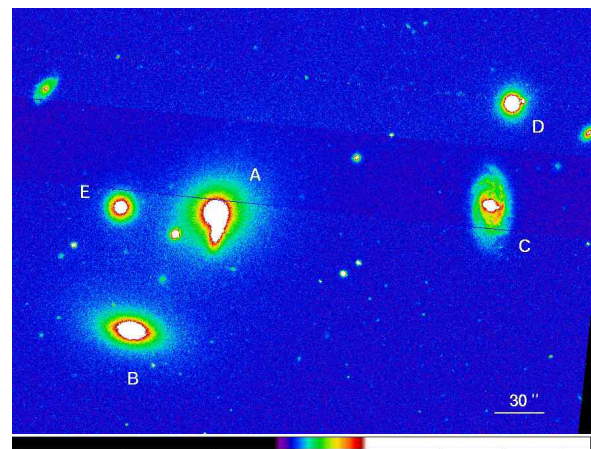


Fig. 1: Immagine di HCG51 con indicate le 5 galassie

- gli spettri di 5 galassie di HCG 51 (Fig. 2)

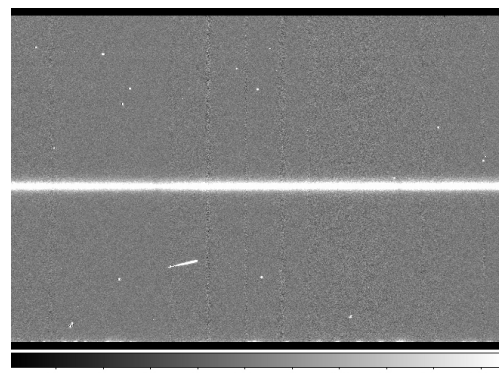


Fig. 2: Spettro di una delle 5 galassie

- lo spettro della stella standard per la calibrazione fotometrica (Fig. 3)

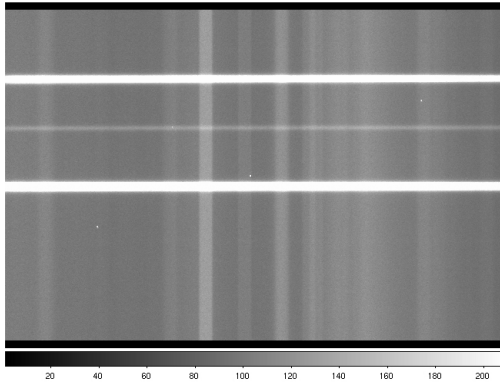


Fig. 3: Spettro della stella standard

- il bias, cioè un'immagine a tempo di esposizione zero (Fig. 4)



Fig. 4: Immagine di bias

- il flat-field, cioè un'immagine prodotta da una luce uniforme, che consente di evidenziare le variazioni di intensità dei pixel e il fringing (Fig. 5)

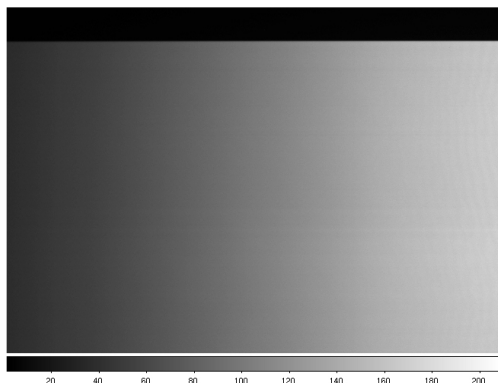


Fig. 5: Immagine di flat-field

- la lampada di confronto, cioè un'immagine prodotta in questo caso da una lampada di Ferro-Argon, che serve a calibrare in

lunghezza d'onda e convertire le unità di pixel in Angstrom (Fig. 6)

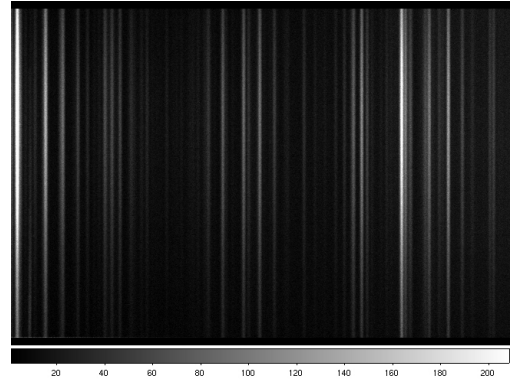


Fig. 6: Spettro della lampada di ferro-argon

Queste sono state elaborate con il software IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*).

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Il nostro primo passo è stato l'elaborazione dello spettro grezzo di partenza di ogni galassia, effettuata sottraendo il bias (ovvero il conteggio di elettroni presenti sul CCD a tempo di esposizione zero) e dividendo l'immagine ottenuta per il flat-field. A questo punto essendo l'immagine ancora in pixel, occorre tararla in Angstrom. Ciò avviene tramite il confronto del nostro spettro con quello prodotto da una lampada Ferro-Argon sullo stesso CCD.

Infine è necessario convertire i conteggi dei fotoni degli spettri in unità fisiche: $\text{erg cm}^{-2} \text{sec}^{-1} \text{\AA}^{-1}$. Per fare questo si utilizza lo spettro della stella standard spettrofotometrica il cui flusso in funzione della lunghezza d'onda è noto.

Resta poi solo da sottrarre il contributo dell'emissione dovuta al cielo.

L'immagine così ottenuta presenta ancora elementi di disturbo che vanno eliminati manualmente, come ad esempio i raggi cosmici o i disturbi a basse lunghezze d'onda dovuti alla presenza dell'atmosfera. Siamo così giunti a termine della fase di elaborazione (Fig. 7).

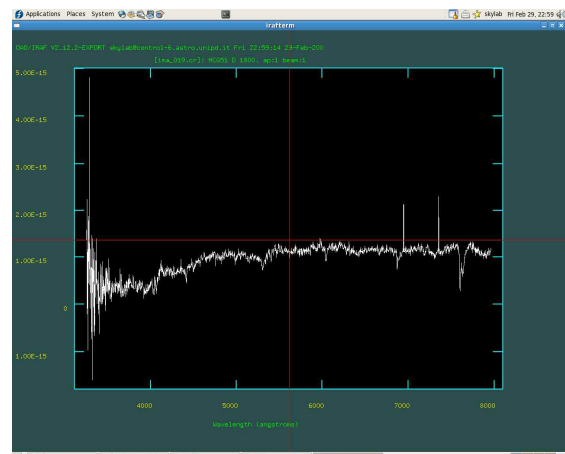


Fig. 7 : Spettro di una delle 5 galassie calibrato in lunghezza d'onda e flusso

Adesso confrontando lo spettro ottenuto con uno di laboratorio occorre riconoscere le righe di emissione più evidenti, le quali sono:

- calcio (Ca k)
- calcio (Ca h)
- G band
- magnesio (Mg)
- idrogeno (H α)

Una volta individuate si passa al calcolo del redshift e della velocità.

ima 014.1	HCG51 E			media	
	osservato	valore reale	redshift	redshift	velocità
ca k	3934.78	4033,39	0,0244		
ca h	3969,59	4067,93	0,0242		
g band	4305.61	4413,66	0,0245	0,0244	7320
mg	5176.70	5305,8	0,0243		
h a	6564.61	6728,68	0,0244		

(esempio di calcolo del redshift, la galassia in esame è HCG 51 E)

Una volta nota la velocità delle galassie, ricavata la velocità media del gruppo, abbiamo calcolato la distanza di esso dalla Terra utilizzando la legge di Hubble:

$$v = H_0 D$$

dove v è la velocità media di allontanamento, H_0 è la costante di Hubble pari a $75 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ e D è la distanza del gruppo dalla Terra. HCG 51 così risulta essere a 102 Mpc da noi.

Ora non rimane che calcolare la massa del sistema tramite il Teorema del Viriale:

$$M_v = \frac{3\pi N}{2G} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (v_i - \bar{v})^2}{\sum_{i < j} \frac{1}{R_{ij}}}$$

dove M è la massa viriale del gruppo, N è il numero di galassie, π e G sono due costanti, e il resto è il rapporto tra la sommatoria degli scarti quadratici medi del sistema e l'inverso delle distanze tra le varie galassie. Per ricavare queste ultime ci siamo sempre serviti di IRAF per misurare le mutue distanze in secondi d'arco, le quali con un po' di trigonometria si convertono in kpc (la scala da noi trovata è di 0,496 kpc").

La massa del gruppo risulta essere quindi $8 \cdot 10^{12} M_\odot$ (masse solari).

Essendo in possesso anche dei dati relativi alla luminosità delle galassie, forniti da un altro gruppo di

lavoro, abbiamo deciso di effettuare una controprova al calcolo della massa utilizzando un'altra espressione della massa viriale:

$$M_v = \frac{3\pi}{G} \cdot \sigma_z^2 \cdot R_H$$

$$R_H = \frac{(\sum M_i)^2}{2 \sum \frac{M_i M_j}{R_{ij}}}$$

Dove R_H è il raggio del gruppo calcolato mettendo in relazione la sommatoria al quadrato della massa delle galassie e la sommatoria dei potenziali gravitazionali tra le galassie stesse.

$$\sigma_z^2 = \frac{\sum M_i (v_i - \bar{v})^2}{\sum M_i}$$

dove σ_z è lo scarto quadratico medio stavolta ricavato in base alla massa delle singole galassie, la quale, fornitici i dati sulla luminosità, è facilmente ricavabile dalla relazione:

$$\frac{M}{M_\odot} \frac{L_\odot}{L} = 1$$

dove M è la massa della galassia, $M_\odot$ è la massa solare, $L_\odot$ è la luminosità del Sole e L è la luminosità della galassia, in sostanza il rapporto massa/luminosità di una stella o galassia è costante.

Il raggio del sistema ci consente inoltre di dare una stima dell'età del gruppo grazie alla formula:

$$T = \frac{4R}{\sigma\pi}$$

Dove R è il raggio del gruppo, π è una costante e σ è lo scarto quadratico medio delle velocità del gruppo. HCG 51 risulta così avere $2 \cdot 10^8$ anni di vita.

Infine, per pura curiosità ci siamo calcolati anche le dimensioni delle galassie: le galassie A, B e C sono le più grandi del gruppo, la A in particolare ha le dimensioni della Via Lattea. Le galassie D e E sono probabilmente delle galassie nane.

grandezza galassie(raggio in kpc)			
	sem max	sem min	ellitticità
A	27,46	22,68	0,174
B	25,84	16,35	0,367
C	23,95	12,08	0,496
D	11,64	10,12	0,131
E	11,98	11,63	0,029

IV. RISULTATI

All'inizio eravamo un po' incerti sulle misure delle velocità delle galassie del gruppo, in quanto la galassia B ci risultava più veloce delle altre di circa 1000 km/s, il che ci ha fatto supporre che non facesse parte di HCG 51. Invece, una volta controllati i valori precedentemente riscontrati da altre ricerche, abbiamo verificato che essa aveva realmente una velocità 1000 km/s superiore rispetto altre galassie del gruppo.

I valori trovati in seguito, ovvero velocità media del gruppo (7680 km/s), distanza (102 Mpc), massa ($8 \cdot 10^{12}$ masse solari) e tempo di vita ($2 \cdot 10^8$ anni) sono risultati tutti attendibili, fatta eccezione per la controprova della massa viriale la quale è risultata 3 volte superiore al calcolo precedente. Tuttavia questa differenza sulla massa potrebbe essere imputabile alla presenza di materia oscura, la quale può rappresentare anche l'80% della massa di una galassia.