

Fotometria dell'ammasso globulare NGC 6397

Stage Asiago 4-7/03/2004

Mattia PONTINI, Brunetto Marco ZIOSI, prof. Antonio DEL NEGRO

Liceo Scientifico "U. Morin" - Mestre

Nei giorni dal 4 al 7 marzo abbiamo fatto lo studio fotometrico di due campi dell'ammasso globulare NGC 6397, analizzando le immagini in I e in V prese con il Dutch Telescope (91 cm) dell'Eso in Cile. L'elaborazione dei dati ha permesso di tracciare il diagramma colore-magnitudine (c-m) dell'ammasso, mettendo in ascissa l'indice di colore V-I (legato al tipo spettrale e alla temperatura) e in ordinata la magnitudine V.

L'analisi del diagramma c-m è particolarmente importante se si tiene conto delle caratteristiche di un ammasso globulare: si tratta di un agglomerato di stelle che formano un sistema a forte simmetria sferica in prossimità dell'alone della galassia, in cui le stelle hanno uguale età e composizione chimica; sono infatti stelle di popolazione II, quindi più vecchie e a basso contenuto metallico. Poiché la posizione di una stella nel diagramma dipende dalla massa e dall'età della stella stessa, lo studio del diagramma c-m di un ammasso globulare fornisce importanti informazioni sull'evoluzione di stelle di massa diversa. Inoltre, considerando la vicinanza relativa tra le stelle di un ammasso, è possibile utilizzare la magnitudine apparente delle stelle, senza dover ricavare quella assoluta, in quanto possiamo considerarle tutte alla stessa distanza dalla Terra.

Utilizzando il pacchetto Iraf si è dapprima lavorato sulle immagini, in modo da renderle utilizzabili per l'analisi: inizialmente è stato sottratto il BIAS (lettura del rumore di fondo del CCD), quindi i conteggi fotometrici sono stati divisi per il FLATFIELD, immagine ottenuta con l'illuminazione uniforme del CCD in modo da verificare la diversa risposta dei pixel. Le immagini sono state poi normalizzate moltiplicando i conteggi per la media dei conteggi del FLAT (dividendole per il FLAT il risultato dava conteggi troppo bassi). Dopo aver definito i "cut" (limiti entro cui considerare i conteggi fotometrici), sono state individuate le coordinate dei nuclei delle stelle; con la funzione PSF (point spread function) si è cercato di diminuire l'effetto dell'atmosfera terrestre sull'immagine. Infine, tramite il confronto con stelle di calibrazione, si sono ottenute le magnitudini apparenti in V e I; un programma in linguaggio Fortran ha permesso di ricavare gli indici di colore di tutte le stelle, mentre una macro in Supermongo ha tracciato i diagrammi c-m dei due campi, che sono stati poi sovrapposti.

Dal diagramma risultante (Fig. 1) si possono notare le caratteristiche tipiche degli ammassi globulari: una sequenza principale ben definita che si interrompe in corrispondenza della magnitudine $V=16,4$ e dell'indice di colore $V-I=0,82$, interruzione chiamata punto di turnoff (TO); un ramo delle giganti rosse (RB - Red Giant Branch) che si estende quasi verticalmente fino alla magnitudine $V=11$; un ramo orizzontale (HB - Horizontal Branch), compreso tra gli indici di colore $V-I=0$ e $V-I=0,8$, a magnitudine $V=13$, in cui è ben evidente la regione delle RR Lyrae. Queste ultime sono stelle variabili nella fase di bruciamento dell'elio nel nucleo e dell'idrogeno in una sottile shell intorno al nucleo; esse si trovano in una fase di instabilità e sono usate come indicatori di distanza in quanto la loro magnitudine assoluta varia tra 0,5 e 1. A causa della brevità della fase di RR Lyrae rispetto alla vita media delle stelle, il loro numero nel diagramma c-m non è molto elevato (lacuna delle RR Lyrae).

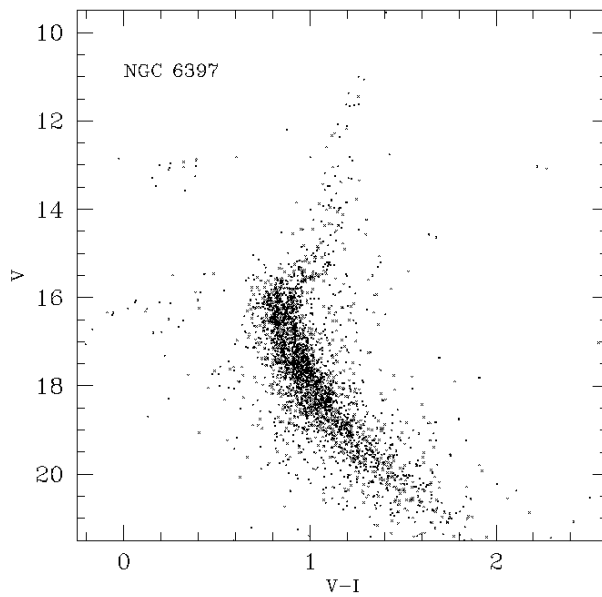


Figura 1. Il diagramma colore-magnitudine di NGC 6397.

Attraverso il modulo di distanza $m-M=12,2$ (Reid e al.) è stato possibile ricavare con la formula di Pogson la distanza dell'ammasso, che risulta pari a 2,8 kpc.

Età di NGC 6397

Per determinare l'età di un ammasso globulare ci sono vari metodi, che si basano tutti sul confronto tra il diagramma c-m osservato e i diagrammi c-m teorici ricavati dai modelli di evoluzione stellare: confrontando il diagramma c-m osservato con delle isocrone teoriche si determina l'età dell'ammasso scegliendo l'isocrona che interpola meglio i dati osservati (Fig. 2).

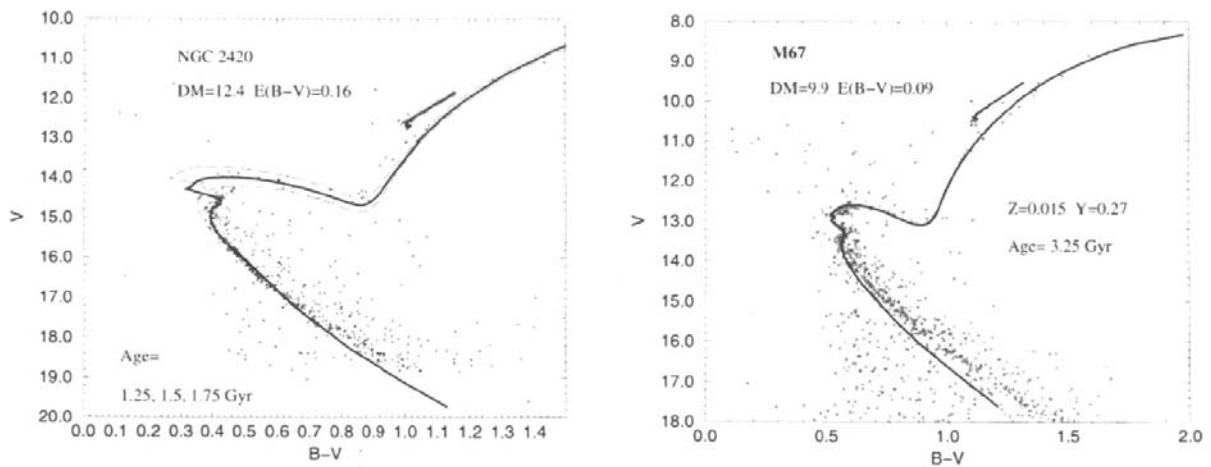


Figura 2. Sovrapposizione di isocrone ai diagrammi c-m (da Castellani e al., 1999).

Generalmente, ci si basa sulla magnitudine e sull'indice di colore del punto di TO, da cui si può risalire alla magnitudine assoluta e al colore corretto per l'arrossamento. Per evitare le incertezze relative alla determinazione della distanza e dell'arrossamento si preferisce invece misurare il colore e la magnitudine del punto di TO relativamente ad altri punti del diagramma c-m. Si possono applicare due metodi:

- 1) metodo orizzontale: si basa sulla differenza tra l'indice di colore del punto di turnoff (TO) e di alcuni punti fissi del ramo delle giganti rosse (RGB);
- 2) metodo verticale: si basa sulla differenza di magnitudine tra il punto di turnoff (TO) e il ramo orizzontale (HB).

Mentre il metodo orizzontale è considerato più preciso, ma richiede un'accurata calibrazione per il confronto con i modelli teorici, il metodo verticale risente della dipendenza dalla metallicità dell'ammasso; ma poiché l'indice di colore V-I è meno sensibile alla metallicità, per esempio, del B-V, proprio nel caso di NGC 6397 abbiamo potuto applicarlo con tranquillità.

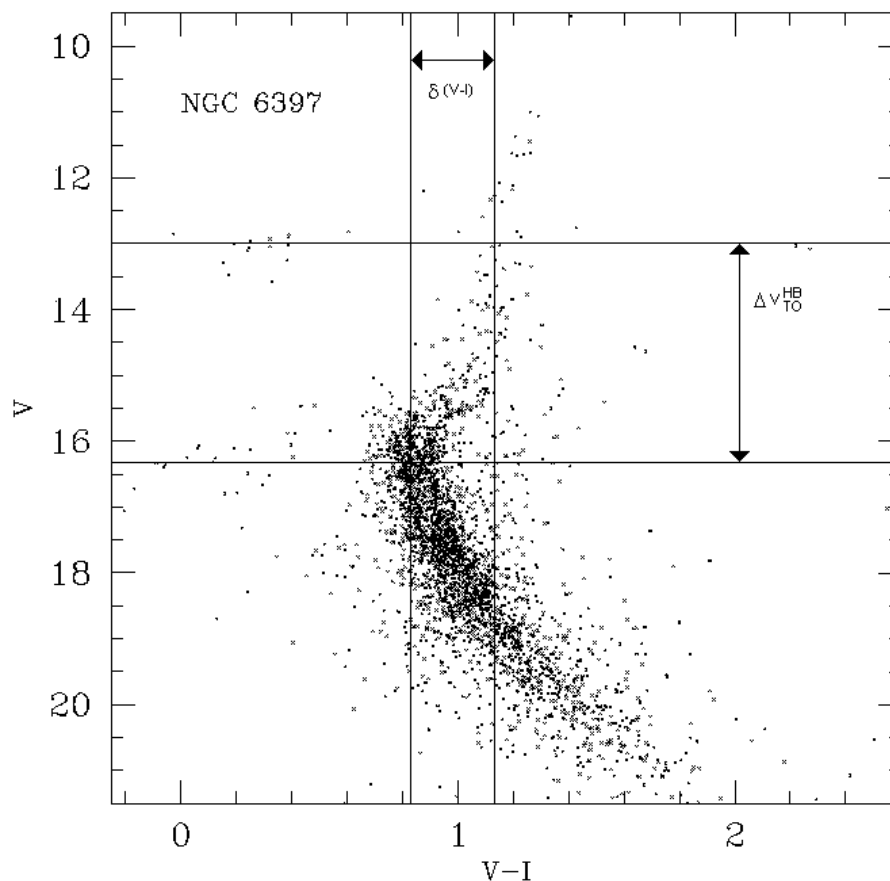


Figura 3. Determinazione delle differenze di magnitudine e di colore nel diagramma c-m di NGC 6397 per l'applicazione dei metodi orizzontale e verticale.

Dopo aver misurato la magnitudine del punto di turnoff $V_{TO} = 16,4$ e del ramo orizzontale $V_{HB} = 13,0$ (Fig.3), abbiamo messo in grafico la differenza di magnitudine $\Delta V_{TO}^{HB} = 3,4$ in funzione della metallicità $[Fe/H]$, per la quale abbiamo usato il valore di $-1,76$ determinato da Rosenberg e al., e l'abbiamo confrontata con le isocrone di Vandenberg e al. e di Straniero e al. (Fig. 4).

Analogo procedimento è stato seguito per il metodo orizzontale, ma i risultati sono apparsi contraddittori e pertanto non vengono qui riportati.

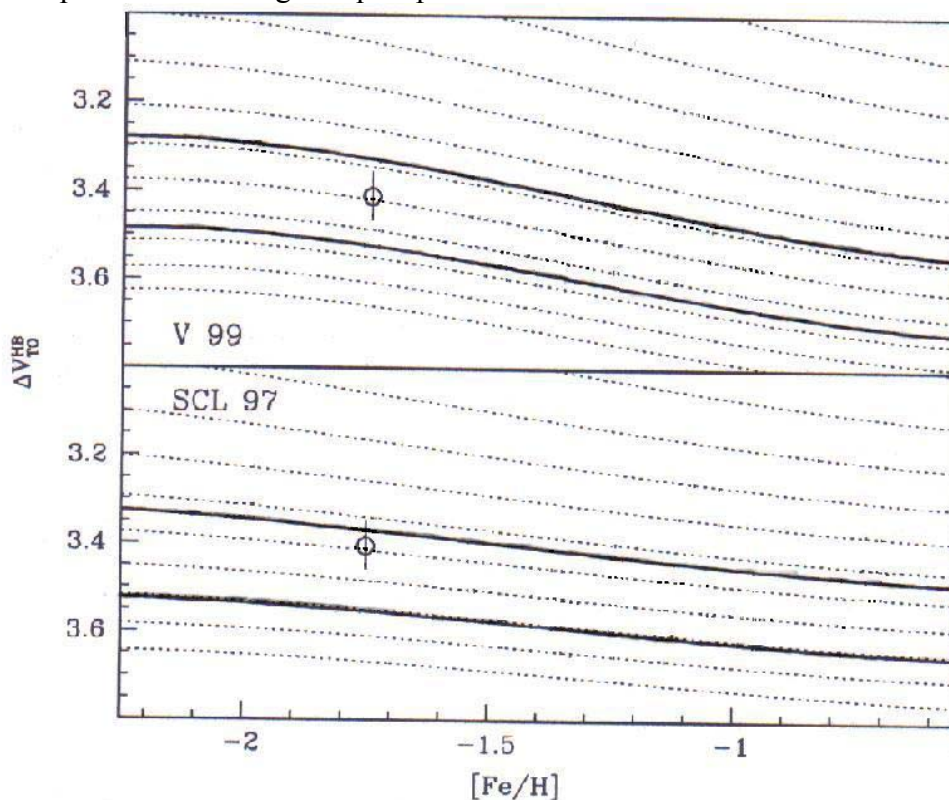


Figura 4. Grafico di ΔV_{TO}^{HB} contro $[Fe/H]$. Le linee punteggiate rappresentano le isocrone di Vandenberg e al. (V 99) e Straniero e al. (SCL 97); tra un'isocrona e la successiva c'è un intervallo di un miliardo di anni, con un'età di 18 miliardi di anni per quella più in basso. Il simbolo che rappresenta NGC 6397 si colloca con buona approssimazione sull'isocrona che corrisponde a 14 miliardi di anni.

In entrambi i casi abbiamo stimato un'età di circa 14 miliardi di anni, in buon accordo con i risultati di altri ricercatori. Inoltre questa età, che è praticamente la stessa della nostra galassia, è in perfetto accordo con la bassa metallicità $[Fe/H]$; anche se l'argomento è ancora oggetto di dibattito, si ritiene che esista infatti una generazione di ammassi globulari "più giovani", formatisi successivamente alla formazione della galassia, ma caratterizzati da una metallicità molto più alta.

Bibliografia

- Reid I. N., Gizis J. E., 1998, AJ, 116, 2929
 Rosenberg A., Saviane I., Piotto G., Aparicio A., 1999, AJ, 118, 2306
 Straniero O., Chieffi A., Limongi M., 1997, ApJ, 490,425
 Vandenberg D. A., Swenson F. J., Rogers F. J., Iglesias C. A., Alexander D. R., 2000, ApJ, 532, 430