

L'ammasso aperto M 67

Matteo Ferrazzi, Andrea Osti, Michele Palmia

Liceo Scientifico "P.Paleocapa", Rovigo

ABSTRACT

The sky did not disclose its many wonders that night in Asiago. Was the night too dark to see? No, the astronomer will reply: the night wasn't dark enough to see. But with database images to fall back on, we analyzed the M67 open cluster, one of the oldest known clusters. Through complex procedures, we completed the HR diagram of the cluster, thus being able to estimate its age.

I. INTRODUZIONE

La nostra esperienza prevede di produrre i grafici colore-colore e colore-magnitudine dell'ammasso aperto Messier 67 con uno studio fotometrico a 3 filtri u,g,r e di sovrapporre a tali grafici isocrone che ci permettano di rilevare l'età, data la distanza di tale gruppo di stelle e la loro metallicità.

Un ammasso aperto è un gruppo di stelle, formatosi da una nube molecolare, che può contenere fino a qualche migliaio di stelle. Queste stelle sono debolmente legate dalla reciproca attrazione gravitazionale e sono, di solito, piuttosto giovani, cioè fanno parte della Zero Age Main Sequence (ZAMS).

Data la reciproca vicinanza di tali stelle e la relativamente grande distanza dell'ammasso da noi, questo può essere studiato considerando i membri tutti alla stessa distanza; potremo quindi creare grafici colore-colore (u-g contro g-r) e colore-magnitudine (g contro g-r) che corrisponde ad un diagramma HR (magnitudine assoluta-temperatura).

Il diagramma HR (Fig. 1) deve il suo nome agli astronomi Enjar Hertzsprung e Henry Norris Russel, rispettivamente danese e americano, che, indipendentemente l'uno dall'altro, crearono grafici caratteristici degli ammassi stellari che presentano il logaritmo della temperatura o il colore in ascissa e il logaritmo della luminosità o la magnitudine in ordinata.

Confrontando la traslazione che abbiamo dovuto attuare sulle isocrone per farle sovrapporre esattamente ai nostri due grafici possiamo ricavare distanza ed età di tale ammasso.

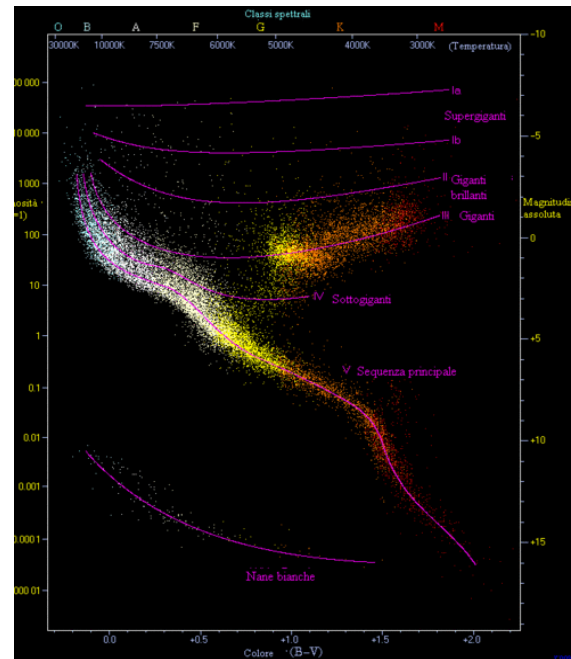


Fig. 1: Schema del diagramma HR

Per ottenere tali grafici abbiamo analizzato immagini prese dalla Sloan Digital Sky Survey (SDSS).

Al fine di comprendere le operazioni che in seguito riporteremo è utile anticipare il concetto di FWHM (Full Width at Half Maximum, Fig. 2). Con questa sigla si identifica la *larghezza a metà altezza*, cioè la larghezza del profilo di una sorgente, calcolata ad un'altezza pari a metà del valore del suo massimo. Se essa è relativa ad una stella, esprime la larghezza apparente della stessa.

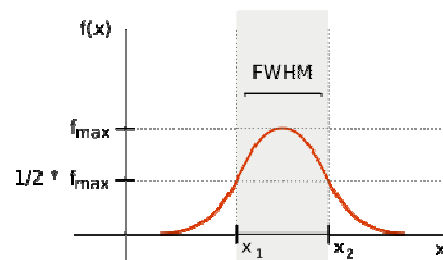


Fig. 2 : Rappresentazione della funzione gaussiana e definizione di Full Width at Half Maximum

L'ammasso aperto M67 (Fig. 3), anche chiamato NGC 2682, si trova nella costellazione del Cancro a una distanza pari a circa 830 parsec. Il nome M67 deriva dal catalogo di Messier.

Messier fu un astronomo settecentesco che, interessatosi prevalentemente dello studio di comete, decise di redigere un catalogo, che annovera 110 oggetti celesti, nel quale inserire tutti gli oggetti di natura nebulosa o simile, al fine di non confonderli con eventuali comete.

L'ammasso in questione è un ammasso aperto e si presenta con una magnitudine apparente di 6.1 mag e un diametro angolare di 30'. Per le sue caratteristiche di luminosità, vicinanza ed età, è stato ampiamente studiato già dall'inizio del '900. Con un'età stimata tra i 3,5 e i 4,5 miliardi di anni è uno dei più antichi ammassi aperti conosciuti. M67 contiene qualche migliaio di stelle, in un raggio di circa 10 anni-luce, tra cui 11 luminose giganti di tipo spettrale K con magnitudine assoluta da +0.5 a +1. Chiunque volesse osservarlo dovrebbe puntare il proprio telescopio ad 8h e 51.4m di ascensione retta e a +11°49' di declinazione, sperando in cieli sereni!

II. DATI OSSERVATIVI

A causa delle cattive condizioni meteo che hanno impedito l'acquisizione delle immagini tramite il telescopio in dotazione all'osservatorio, ci siamo avvalsi delle immagini dell'archivio pubblico denominato SDSS disponibili all'indirizzo www.sdss.org.



Fig. 3 : Foto dell'ammasso M67

Questo progetto conta più di 287 milioni di immagini e più di 10 TB (Terabyte!) di dati, ottenuti con il telescopio a grande campo da 2,5 metri di diametro presso l'Osservatorio di Apache Point in New Mexico.

Il CCD da 120 Mpx copre un'area di cielo pari a circa 8 volte quella della luna piena.

Le immagini dell'ammasso da noi utilizzate erano state prese nelle bande fotometriche *ugriz* che rappresentano rispettivamente vicino ultravioletto, blu, rosso, vicino infrarosso e medio infrarosso.

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Con il software IRAF (Image Reduction and Analysis Facility), disponibile all'indirizzo iraf.noao.edu, abbiamo ridotto le immagini ed estratto una serie di dati utili per la realizzazione del diagramma H-R.

Il nostro lavoro consisteva nel far individuare al software le stelle presenti nelle immagini, fargli calcolare la loro magnitudine, ed infine, dopo aver convertito la magnitudine strumentale in magnitudine calibrata, incolonnare i dati per ricavare i vari diagrammi colore-colore o colore-magnitudine.

Già dall'inizio abbiamo incontrato alcuni problemi per le istruzioni da dare al programma affinché trovasse le stelle presenti nelle immagini. Tali immagini, infatti, presentavano molte stelle sovraesposte, specialmente le stelle più luminose dell'ammasso, che creavano non pochi problemi al programma. Abbiamo eseguito una fotometria di apertura, che consiste nel calcolare il flusso proveniente dalla stella, entro una data apertura sull'immagine.

Il flusso della stella (Φ) è dato dalla differenza tra il flusso totale e quello dovuto al cielo, ottenuto integrando i conteggi entro un anello esterno all'apertura scelta (Fig. 4), il tutto diviso per il tempo di esposizione; la formula usata è la seguente:

$$\Phi = \frac{I_{\text{totale}} - I_{\text{cielo}}}{t_{\text{exp}}}$$

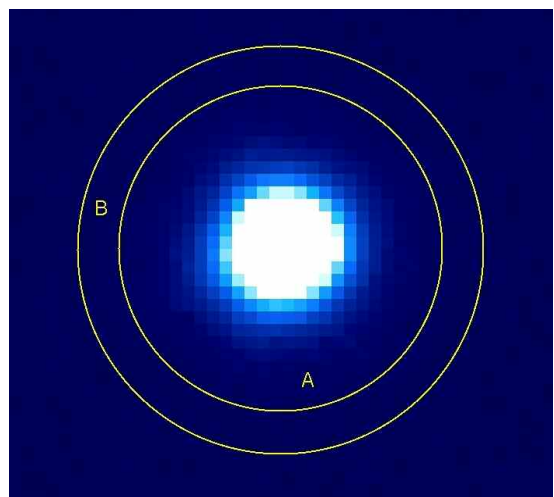


Fig. 4 : Definizione di apertura e anello per la stima dell'intensità media del cielo

Con le prime immagini di ogni filtro abbiamo calcolato la media delle FWHM e abbiamo imposto al software di calcolare i flussi stellari entro circa $3 \times \text{FWHM}$.

L'intensità entro l'area individuata dalla lettera A della figura, è usata dal software per il calcolo dell'intensità (stella+cielo) e per la determinazione della FWHM, mentre quella entro l'area individuata dalla lettera B, il software la utilizzava per il calcolo dell'intensità del fondo cielo, da sottrarre alla precedente.

Nel nostro caso, entro $3.2 \times \text{FWHM}$, il software ha individuato il maggior numero di sorgenti con qualche piccola differenza a seconda del filtro utilizzato. Una volta eseguita l'operazione per tutte le immagini di tutti i filtri (il più ostico dei quali è risultato essere il filtro r), abbiamo tenuto solo le sorgenti per le quali le misure erano presenti in tutti e tre i filtri. Le immagini erano caratterizzate da un forte rumore di fondo che induceva il software a riconoscere come stelle altri tipi di sorgenti.

Tramite questi controlli abbiamo quindi pulito i dati, mantenendo cioè solo le stelle presenti in tutti i filtri, li abbiamo poi riordinati e uniti assieme. Una volta fatto ciò, abbiamo creato i file di dati di ogni serie di immagini per ogni filtro. Infine è stato necessario trasformare i valori prodotti dal programma da magnitudine strumentale a calibrata.

IV. RISULTATI

Raccolti i dati calibrati necessari, siamo passati alla realizzazione di diagrammi HR e colore-colore (nei quali cioè si confrontano gli indici di colore).

Dall'analisi di questi grafici è possibile comprendere la natura dell'ammasso. In particolare nel nostro caso M67 presenta il classico profilo di un ammasso aperto, con la sola sequenza principale.

L'immagine qui di seguito mostra come risultava il grafico originale di g contro g-r (Fig. 5). In tale grafico sono rappresentati numerosi punti, corrispondenti alle sorgenti riconosciute dal software, comprendenti: stelle di ammasso, stelle di campo e sorgenti con fotometria inaccurata. Stelle di fondo e stelle sature sono state ripulite e tolte dal grafico manualmente, al fine di isolare la sequenza principale. In particolare, l'insieme di stelle con magnitudine media $g = 14$ e con indice di colore g-r compreso fra -1.2 e 0.4, che formano una zona appiattita nel diagramma sono state evidentemente errate. Una spiegazione potrebbe essere che l'apertura utilizzata per calcolare il flusso non sia abbastanza grande per contenere la luce delle stelle più brillanti, che quindi non seguono la sequenza principale.

Dalla figura successiva (Fig. 6), alla quale sono state sovrapposte delle isocrone, linee teoriche che permettono di stimare l'età dell'ammasso, possiamo affermare che l'ammasso ha tra 1 e 3 miliardi di anni. Per tale risultato abbiamo usato il grafico di g su g-r. Poiché le isocrone sono calcolate in magnitudini assolute, per farle coincidere con le magnitudini apparenti bisogna applicare una costante.

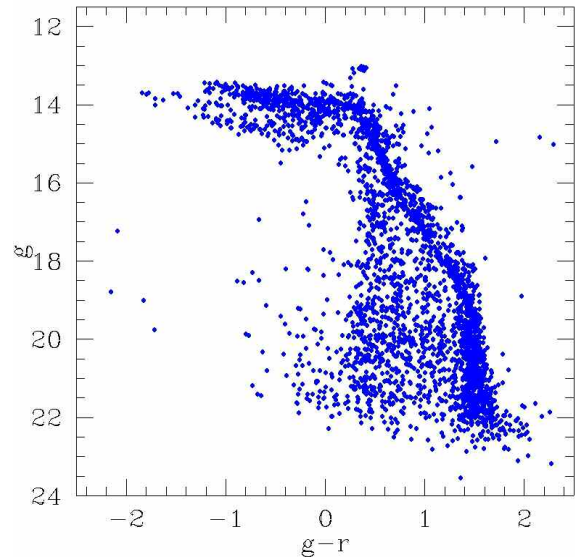


Fig. 5 : Il diagramma colore-magnitudine prima della correzione

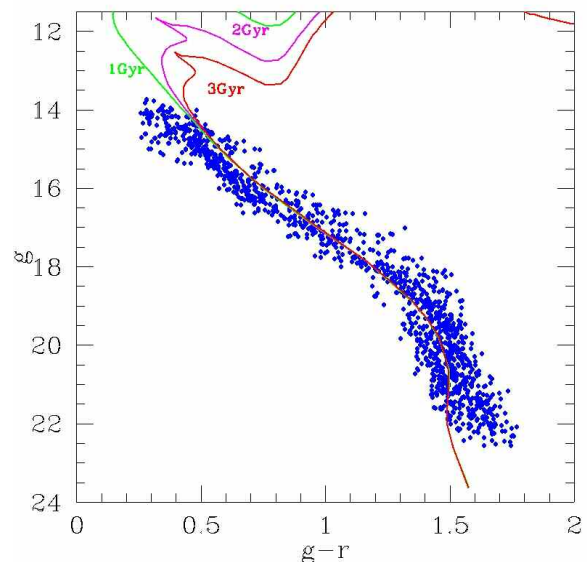


Fig. 6 : Il diagramma colore-magnitudine ripulito e con riportate sopra le isocrone di varia età

Dalla formula di Pogson:

$$M_g = g + 5 - 5 \times \log d$$

$$g = M_g + (5 \times \log d - 5)$$

Nel nostro caso abbiamo applicato una costante pari a 9.7, per cui:

$$5 \times \log d - 5 = 9.7$$

$$d = 10^{\frac{9.7+5}{5}} = 870 pc$$

La distanza ottenuta è in accordo con i valori già noti e pubblicati in letteratura (ad esempio Yong et al. 2005, *Astrophysical Journal* 130, p. 597)

Da quest'ultima immagine (Fig. 7), data dal grafico di $u-g$ contro $g-r$ risulta evidente come il grafico dell'isocrona corrispondente a un'età di 2 miliardi di anni si accordi bene con i dati osservativi.

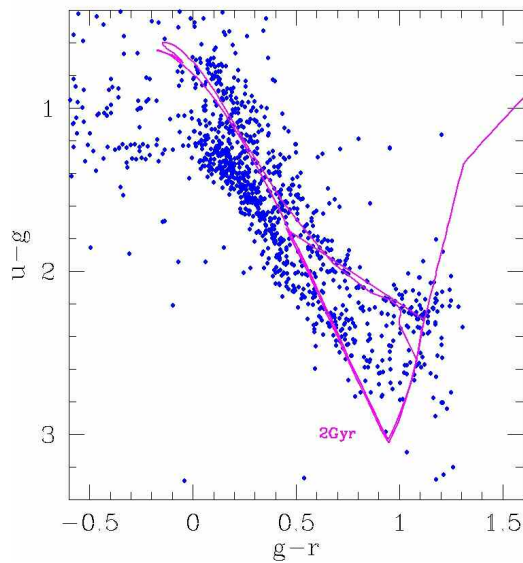


Fig. 7 : Diagramma colore-colore con sovrapposta l'isocrona di età 2Gyr