

# Determinazione della temperatura di corpo nero di alcune stelle dell'ammasso aperto M 35

Giorgio Bettineschi, Laura Bisigello, Antonio Rodighiero

Liceo Scientifico “G. B. Quadri”, Vicenza

## SOMMARIO

*Sono stati ottenuti gli spettri di 9 stelle dell'ammasso aperto M 35 (NGC 2168). L'analisi effettuata ha permesso di determinare la temperatura di corpo nero di queste stelle mediante confronto dello spettro osservato con la curva di Planck. Infine, noti gli indici di colore, è stato possibile verificare che questo campione di stelle segue la tipica relazione colore-temperatura.*

## I. INTRODUZIONE

Gli ammassi stellari sono insiemi di stelle coeve formatesi da una stessa nube di gas e polveri.



Figura 1: Immagine dell'ammasso aperto M35

Sono quindi un laboratorio molto importante per lo studio della struttura e dell'evoluzione delle stelle. In particolare gli ammassi aperti come M35 sono costituiti da stelle giovani che sono ancora nella fase di bruciamento dell'idrogeno nel nucleo. E' perciò di fondamentale importanza ottenere stime attendibili

delle grandezze fisiche fondamentali proprie di queste stelle, in particolare la loro temperatura superficiale.

## II. DATI OSSERVATIVI

L'ammasso studiato è M 35 (NGC 2168, Fig. 1), situato nella costellazione dei Gemelli. Di seguito la tabella che ne riporta i dati astronomici.

Ascensione Retta (2000)	06 <sup>h</sup> 09.00 <sup>m</sup>
Declinazione (2000)	+24° 21.00'
Longitudine Galattica	186.587°
Latitudine Galattica	2.219°
Distanza (pc)	816
Magnitudine Visuale	5.3
Reddening (mag)	0.262
Modulo di distanza (mag)	10.37
Età (anni)	10 <sup>8</sup>

Le osservazioni sono state effettuate il 31 gennaio 2007 presso l'osservatorio di Asiago Colle Pennar con il telescopio “Galileo” da 122 cm equipaggiato con lo spettrografo Boller & Chivens al fuoco Cassegrain. Lo spettrografo era dotato di un reticolo da 300 tratti/mm che consente di registrare la radiazione nell'intervallo spettrale compreso tra 350 e 820 nm circa. La larghezza della fenditura è stata impostata a 350 micrometri, corrispondenti a circa 3.5'' in cielo.

Le stelle osservate sono quelle identificate dalla seguente numerazione, ricavata da Sung *et al.* (1992): 1, 3, 4, 5, 42, 46, 53, 58, 83. Gli spettri (Fig. 2) sono stati calibrati in lunghezza d'onda utilizzando una lampada al ferro-argon, mentre la calibrazione in flusso è stata ottenuta utilizzando lo spettro della stella standard spettrofotometrica HD 84937. In questo caso, la fenditura dello spettrografo è stata aperta fino a un millimetro per raccogliere tutta la luce della stella, condizione necessaria per una corretta calibrazione in intensità o flusso. Gli spettri sono stati

ridotti secondo una procedura standard, utilizzando il software IRAF (NOAO).

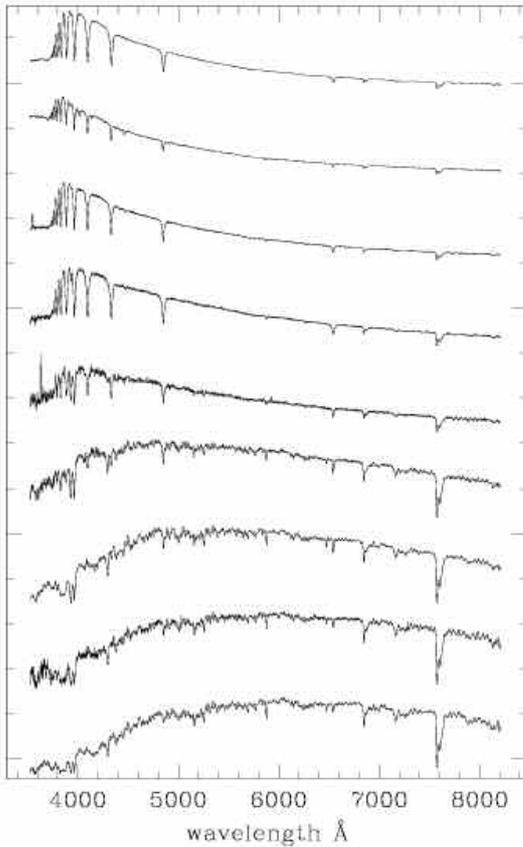


Figura 2: Gli spettri delle 9 stelle osservate

### III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Per poter confrontare gli spettri con la curva di corpo nero di Planck, essi sono stati normalizzati imponendo che l'intensità di energia valesse 1 in corrispondenza della lunghezza d'onda di 5500 Å.

La curva di Planck, la cui equazione è:

$$B(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5 \left( e^{c_2/\lambda T} - 1 \right)}$$

risulta nel nostro caso modificata per quanto riguarda il valore del termine  $C_1$  che diventa dipendente dalla temperatura:

$$C_1 = (5500)^5 \left( e^{c_2/5500T} - 1 \right)$$

Lo spettro di ogni stella è stato dunque confrontato con la curva di Planck così ottenuta. Si è quindi cercato, variando la temperatura, di ottenere la curva di Planck che meglio approssimasse lo spettro della stella (Fig. 3). Per ottenere questo risultato è stata seguita la seguente procedura: detto O lo spettro e C la curva di corpo nero calcolata per una data temperatura, è stata ottenuta la mediana del valore

assoluto dello scarto fra spettro osservato e spettro "calcolato"  $|O - C|$ . Di questi valori è stato poi tracciato un grafico in relazione alla temperatura. La temperatura di corpo nero equivalente per quella data stella è quella corrispondente al valore minimo fra quelli ottenuti.

### IV. RISULTATI

Tabella riassuntiva dei dati ottenuti

Stella	Temperatura (K)
1	5600
3	22500
4	4750
5	38000
42	6100
46	11000
53	16000
58	5000
83	9200

Il procedimento con cui abbiamo ottenuto questi dati non permette di quantificare con certezza l'errore. Si può tuttavia ottenerne una stima analizzando il grafico  $|O - C|$  contro temperatura. Tale grafico ha un minimo che risulta relativamente "stretto" per stelle rosse, mentre è più "largo" per stelle blu. Le stelle blu (molto calde) hanno uno spettro che subisce un cospicuo assorbimento da parte dell'atmosfera terrestre. Per le stelle più calde, l'ordine di grandezza dell'errore sulla temperatura è  $10^3$  gradi Kelvin, mentre per le stelle più fredde esso è dell'ordine di  $10^2$  gradi Kelvin. Riportiamo di seguito gli spettri e le elaborazioni ottenute. I grafici per ogni stella sono divisi in due parti e così composti: in alto le curve di corpo nero ottenute (in rosso) sovrapposte allo spettro, ed in basso i residui  $(O - C)$ . In alto a destra del grafico è indicata la temperatura stimata.

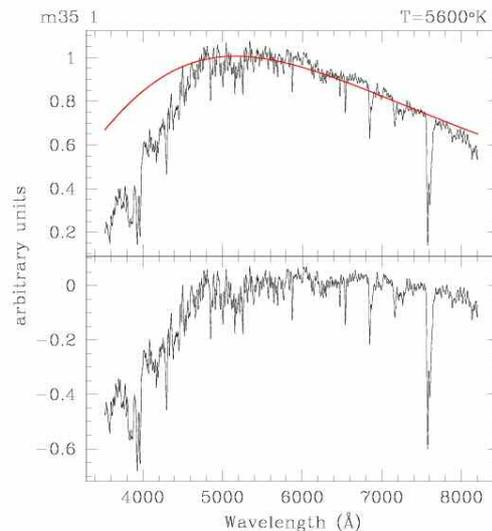
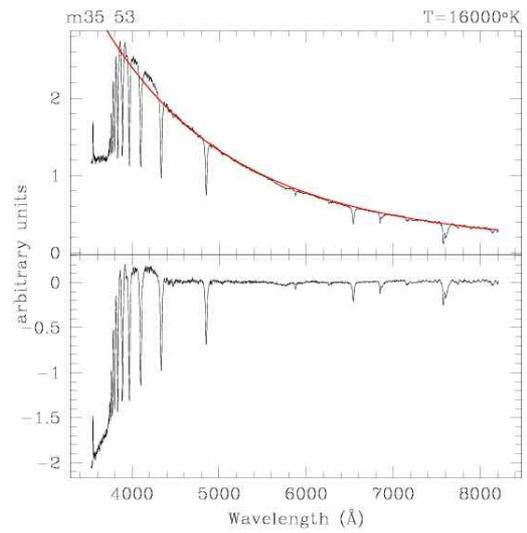
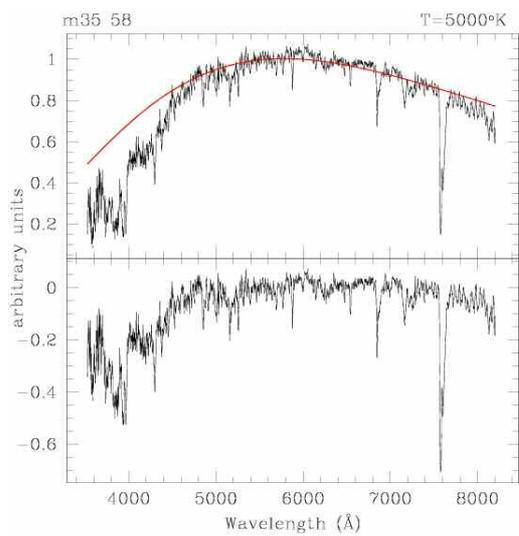
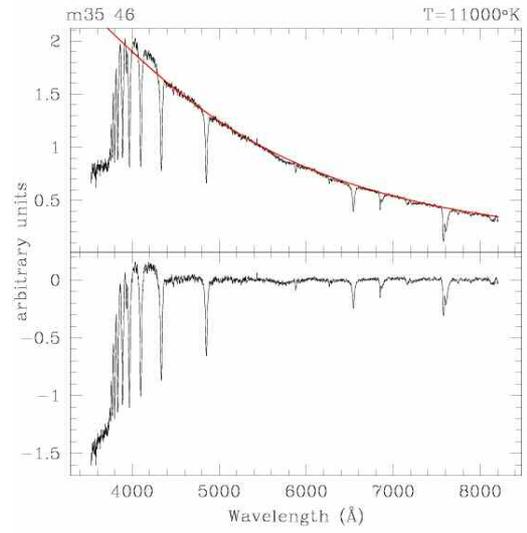
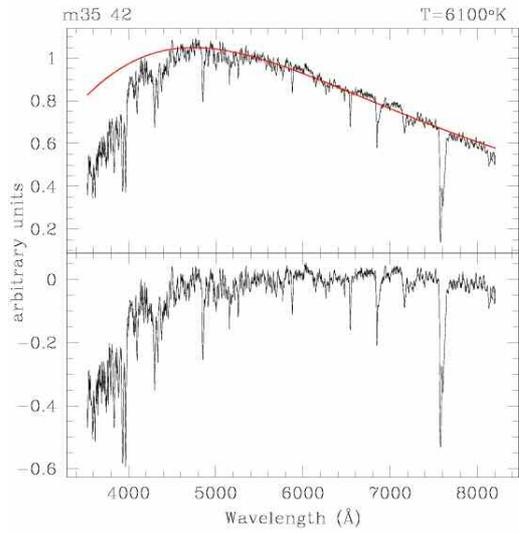
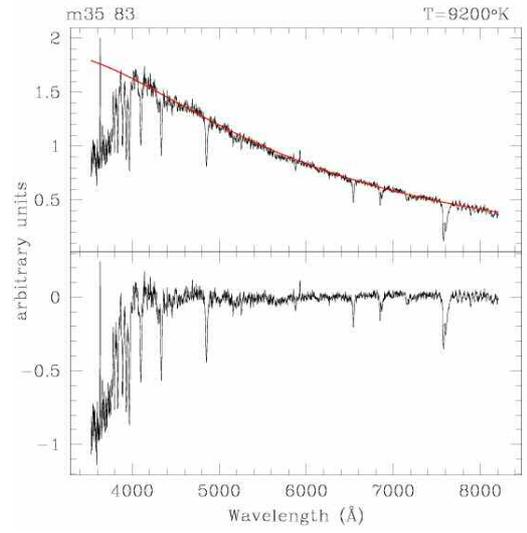
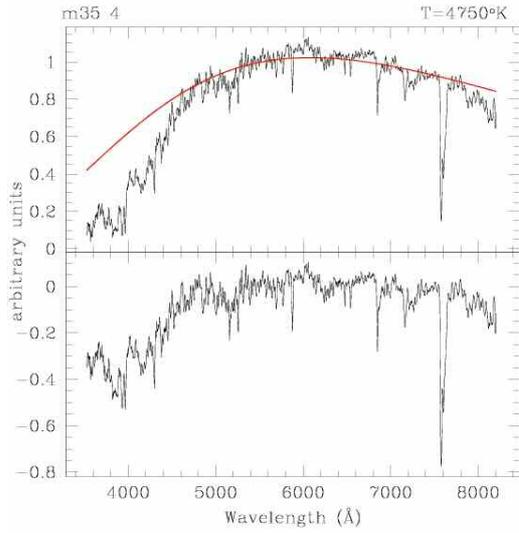
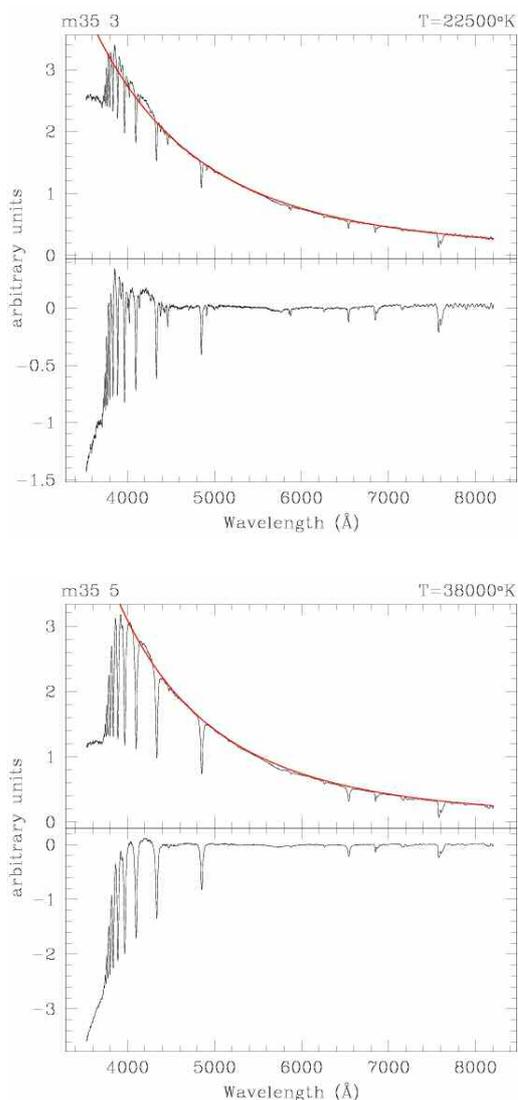


Figura 3 (e seguenti): gli spettri delle stelle osservate con indicata la curva di corpo nero (in rosso) e in basso la differenza fra spettro e curva di corpo nero





I grafici che seguono (Fig. 4) riportano due esempi circa l'andamento del valore assoluto della differenza fra spettro osservato e spettro calcolato, a varie temperature: il primo relativo a una stella fredda, il secondo ad una stella calda. E' l'esame di tali grafici che ci ha permesso di assegnare la temperatura di corpo nero alle stelle studiate, oltre che ricavare un ordine di grandezza per l'errore di tale stima. Come si nota, le stelle più calde hanno un minimo più largo.

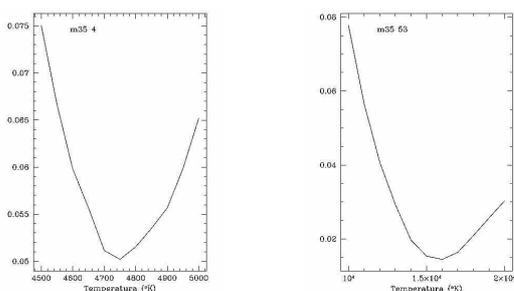


Figura 4: La differenza fra spettro osservato e curva di corpo nero per una stella calda e una fredda

Con le temperature così ottenute abbiamo infine ricavato la curva (B-V) contro temperatura. L'indice di colore (B-V) dipende dal reciproco della temperatura, se il modello di corpo nero si adatta bene a descrivere l'emissività di una stella; la relazione si può scrivere:

$$(B-V) = A + B(1/T)$$

con A e B costanti dipendenti dal colore. Tale relazione è un'iperbole del piano (B-V) - T, che diventa una retta nel piano (B-V) - (1/T).

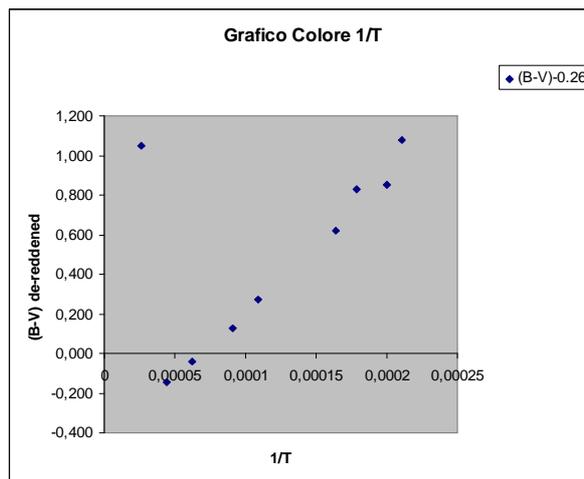


Figura 5: La relazione fra indice di colore e temperatura

Come si vede, il grafico colore contro 1/T (magnitudini contro  $^{\circ}K^{-1}$ ) mostra proprio un andamento rettilineo, in accordo con il modello di emissività del campione di stelle osservato (Fig. 5). Rimane da spiegare la temperatura anomala della stella M35-5 che mostra uno spettro tipico di una stella molto calda, mentre il colore assegnato, al contrario, è quello di una stella fredda. Fra le possibili spiegazioni non va scartata quella di un errore di puntamento durante l'osservazione, oppure di un errore nella tabella dei dati fotometrici di Sung et al. (1992).

BIBLIOGRAFIA

Sung, *et al.* 1992, Journal of The Korean Astron. Society 25, 91. *UBV photoelectric photometry of open cluster M35*  
 L. Rosino, *Lezioni di Astronomia*, Ed. Cedam