

Classificazione spettrale di alcune stelle appartenenti all'ammasso aperto M35

Dario Campagner⁽¹⁾, Giovanni Carraro⁽¹⁾, Elena Mocellin⁽²⁾, Andrea Ruaro⁽²⁾

⁽¹⁾Liceo Scientifico “Galilei”, Dolo

⁽²⁾Liceo Scientifico “Morin”, Mestre

SOMMARIO

Sono stati ottenuti gli spettri di alcune stelle presenti nel campo dell'ammasso aperto M35. Di questi oggetti è stata ricavata la classificazione spettrale mediante confronto con gli spettri di Jacoby e al. (1984). I risultati sono stati confrontati con gli altri gruppi che hanno lavorato sullo stesso campione. Dalla discussione è emerso che alcune delle stelle osservate non appartengono all'ammasso, mentre altre non sono di sequenza principale.

I. INTRODUZIONE

Gli ammassi aperti (*Open Clusters*) sono dei gruppi di stelle generate da una stessa nube molecolare e attratte dalla reciproca forza gravitazionale, formando degli insiemi nei quali la densità di stelle su parsec cubo è decisamente superiore alla norma: la stessa nube a volte è ancora presente nello stesso ammasso, venendone illuminata in alcune parti visibili come nebulose. Si tratta, in termini astronomici, di oggetti giovani, dal momento che contengono molte stelle di temperatura e luminosità elevate (Fig. 1): per questo motivo sono visibili anche da grande distanza od osservabili nonostante la presenza di fonti di illuminazione particolarmente intense, che possono essere costituite da fonti artificiali o, come nel nostro caso, dalla luna piena che, se pur donava grazia al paesaggio, purtroppo sottraeva precisione alle rilevazioni. Le stelle che fanno parte di un ammasso aperto hanno approssimativamente sia la stessa età (in quanto il processo di formazione è breve, se confrontato con la durata della vita dell'ammasso) che la stessa composizione chimica, oltre ad essere circa alla stessa distanza per un osservatore che ne è fuori, perciò le differenze presenti sono legate quasi esclusivamente alla massa: spiccano ovviamente quindi le stelle giganti di tipo O e B, molto luminose ma di breve vita. Questo è conveniente nell'osservazione specialmente perché, data la presenza di stelle di masse anche di molto differenti, è chiaramente visibile la sequenza principale (ZAMS) in

un diagramma HR; confrontando poi questo con un diagramma colore-magnitudine (CMD) otteniamo un buon metodo per determinare la distanza dell'ammasso; confrontando il diagramma HR con le teorie dell'evoluzione stellare invece otteniamo un'età del cluster ragionevole. Il tempo entra in gioco quando si stima l'età dell'ammasso grazie alle abbondanze di blu e rosso, le lunghezze d'onda del blu sono riconducibili ad un'età più giovane: peraltro, gli ammassi si sono rivelati estremamente utili nell'elaborazione e nel successivo controllo dei modelli di evoluzione stellare, permettendo confronti tra stelle con parametri simili.



Figura 1: L'ammasso aperto M35.

Le stelle di cui si compone un ammasso aperto nella prima fase di vita sono sostanzialmente molto vicine, e si muovono assieme e alla stessa velocità attorno alla galassia: col trascorrere del tempo può essere però che l'ammasso inizi ad essere perturbato da fattori esterni, quali possono essere nubi molecolari, campi stellari o incontri generici con corpi che gli passano vicino, e comincia a sfaldarsi a causa delle sue stelle che partono a muoversi a velocità differenti, che continuano comunque a interferire reciprocamente nei propri moti, fino a quando l'ammasso è totalmente

disperso e le sue stelle possono trovarsi ben distanti le une dalle altre, sparse nella galassia; ovviamente, gli ammassi più densi sopravvivono più a lungo, ma ad ogni modo non più di qualche miliardo di anni. I cluster si schematizzano generalmente seguendo le indicazioni di Harlow Shapley, che indica con le lettere a-g l'intera gamma, dalle associazioni minori e quasi invisibili agli ammassi più ricchi e concentrati.

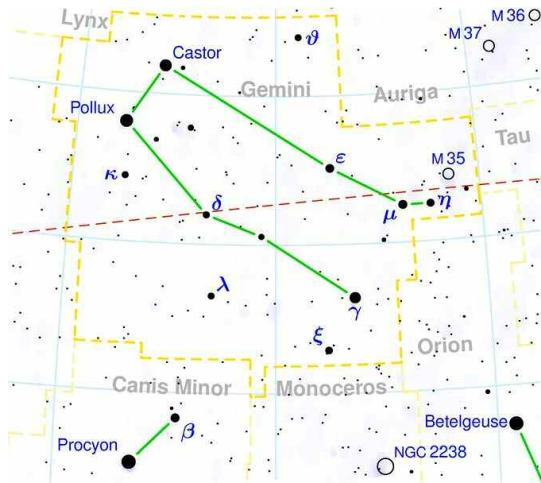


Figura 2: Il campo stellare dell'ammasso aperto M35.

Importanti informazioni si possono trarre dallo studio degli spettri delle stelle degli ammassi. Le stelle, infatti, emettono energia dal nucleo: quest'energia viene emessa all'esterno passando per gli strati superficiali della stella, dove gli elementi presenti assorbono alcune particolari frequenze. La spettroscopia permette di classificare le stelle a seconda di queste linee di assorbimento: certe linee possono essere osservate solo in un certo intervallo di temperatura, perché solo in quelle temperature i corrispondenti livelli energetici degli atomi sono presenti. La classificazione spettrale ci permette così di collocare le stelle in base a classi che le distinguono per temperatura, colore, composizione chimica. Infatti secondo la meccanica quantistica l'energia delle particelle costituenti la materia è quantizzata, può cioè assumere solo valori discreti. In condizioni normali una particella si trova nello stato di minima energia. Quando una radiazione colpisce una particella, se l'energia dei fotoni è uguale alla differenza fra l'energia dello stato eccitato della particella e quella di uno stato fondamentale, la radiazione viene assorbita e la particella passa dallo stato fondamentale a quello eccitato. Poiché ad ogni tipo di atomo è associata una particolare distribuzione di livelli energetici, l'assorbimento di una data radiazione è una proprietà caratteristica di quell'atomo e non di altri.

Le classi oggi usate sono:

- O: 30.000 - 60.000 K stelle blu
- B: 10.000 - 30.000 K stelle blu-bianche

- A: 7.500 - 10.000 K stelle bianche
- F: 6.000 - 7.500 K stelle giallo-bianche
- G: 5.000 - 6.000 K stelle gialle (come il Sole)
- K: 3.500 - 5.000 K stelle gialle-arancio
- M: < 3.500 K stelle rosse

Ogni classe è suddivisa in 10 sottoclassi numerate da 0 a 9, a seconda dell'ulteriore differenza di temperatura fra le stelle di una stessa classe. Questo schema fu definito nel Novecento, da Annie Cannon e lo Harvard College Observatory.

II. DATI OSSERVATIVI

M35, elemento 35 del catalogo di Messier, conosciuto anche come NGC2168 (New General Catalogue), si classifica come cluster di tipo 'e', cioè mediamente ricco e compatto, e si trova nella costellazione dei Gemelli (Fig. 2), alle coordinate ascensione retta 06h 08.9m, declinazione +24°20', a 2800 anni luce dalla Terra, con una magnitudine visuale di 5.3.

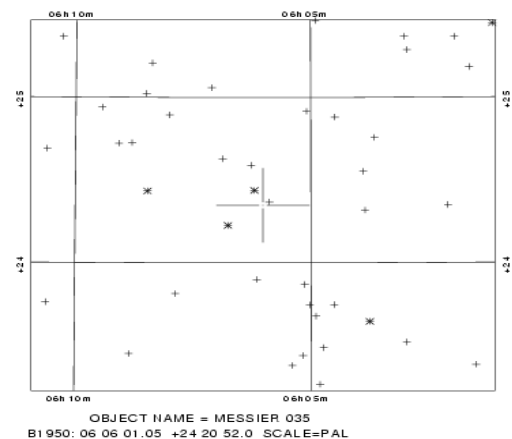


Figura 3 : Cartina usata per l'identificazione delle stelle da osservare.

È formato da circa 200 stelle disperse in un'area pari a circa quella della luna piena (30'), ovvero un diametro di 24 anni luce, con una densità al centro di 6,21 stelle/pc³ e un'età media di 110 milioni di anni, e si sta avvicinando a noi con una velocità di 5 km/s; alcune stelle sono già uscite dalla ZAMS, la più calda ora è una B3. Nelle notti più serene è visibile anche a occhio nudo o con piccoli strumenti; nelle vicinanze è visibile l'ammasso globulare NGC2158.

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Nella notte del 31 gennaio abbiamo ricavato gli spettri di alcune stelle presenti nel campo dell'ammasso aperto M35 (Fig. 3). Tali spettri sono stati poi ridotti

per ottenere il flusso luminoso espresso in $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{\AA}^{-1}$ in funzione della lunghezza d'onda espressa in $\text{\AA}$, in modo da poter fare il confronto con la libreria di Jacoby e al.. In un primo momento questo confronto è stato fatto sovrapponendo lo spettro ottenuto con quelli della libreria, giungendo ad una classificazione provvisoria. Successivamente è stato fatto un lavoro più approfondito utilizzando i dati tratti da Jacoby e al. (1984) disponibili in formato elettronico presso il sito del Centre de Données astronomiques de Strasbourg e un programma scritto al Circolo Astrofili "Guido Ruggieri" di Mestre usando il pacchetto Scilab (www.scilab.org) che calcola la distanza euclidea punto per punto tra lo spettro da analizzare e ogni spettro campione della libreria utilizzata. Viene poi fatta la media delle distanze così calcolate; la classe spettrale (proposta) della stella studiata è la classe spettrale dello spettro campione che dista (in media) di meno dallo spettro analizzato.

La classificazione spettrale è stata poi confrontata con le temperature di black body ricavate utilizzando il pacchetto NFIT1D di STSDAS, che interpola i dati osservati con una planckiana. I risultati della classificazione e della temperatura sono riportati nella tabella in Fig. 4.

IV. RISULTATI

Durante la serata di osservazione sono state studiate in totale nove stelle, delle quali sono appunto stati ottenuti gli spettri, permettendoci di ottenere la classe spettrale presunta di tali oggetti.

Stella	Classificazione	Temperatura stimata dal fit col black-body
1	K0 V	5500
3	B3 III	24400
4	K4 III	37600
5	B6	4700
42	F4	7100
46	A6 V	12600
53	A1 V	16300
58	F3	7300
83	A6	12300

Figura 4 : Tabella riassuntiva delle stelle osservate con relative classi spettrali e temperature. Le caselle ombreggiate sono quelle relative alle stelle la cui classificazione non è stata considerata attendibile.

È sorto però immediatamente un problema: il confronto tra le classi spettrali ottenute e le temperature ricavate con i fit di corpo nero effettuati con IRAF ha messo in luce discrepanze notevoli e apparentemente incomprensibili, che in un primo momento erano state attribuite ad un valore di reddening scelto in maniera non corretta (0,26 contro i valori tra 0,26 e 0,44 di Sung e al.). Leggendo con

attenzione sempre il lavoro di Sung e al. (1992) si è però notato che tre delle stelle (No. 42, 58 e 83) avevano una probabilità pari a 0.00 di appartenere all'ammasso, rendendo quindi impossibile un qualsiasi confronto. Più complessa la questione per altri tre oggetti (No. 3, 4 e 5): confrontando i nostri dati con quelli del gruppo che studiava la relazione tra larghezza equivalente e indice di colore B-V è stato ipotizzato che si trattasse di stelle giganti. Per l'oggetto No. 5 la libreria di Jacoby e al. forniva lo spettro di confronto solo di una stella di classe V, quindi la nostra classificazione non è attendibile.

Per gli oggetti No. 3 e 4 la stessa libreria forniva spettri sia di classe V che di classe III, per cui si è provato ugualmente a classificare questi oggetti. Gli oggetti No. 1, 46, 53 invece, sono stelle nane appartenenti all'ammasso, per le quali si ritiene che la classificazione spettrale sia corretta.

Nelle Fig. da 5 a 9 sono riportati gli spettri delle stelle di cui siamo stati in grado di dare una classificazione attendibile, sovrapposti allo spettro campione che meglio approssima i dati.

Per quanto riguarda la stima delle temperature, va osservato che, tralasciando gli oggetti per i quali la classificazione è dubbia, le temperature ottenute sono in buon accordo con quelle che si trovano in letteratura per stelle di quel tipo spettrale, ad eccezione dell'oggetto No. 4: 37600 K per una K4 III appare una temperatura francamente eccessiva. Per gli altri oggetti si segnala comunque che i valori ottenuti dai fit di corpo nero sono sempre leggermente superiori a quelli riportati in letteratura.

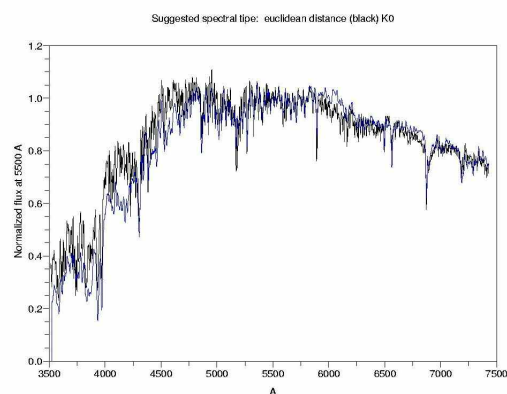


Figura 5 : L'oggetto No. 1, classificato come stella K0 V.

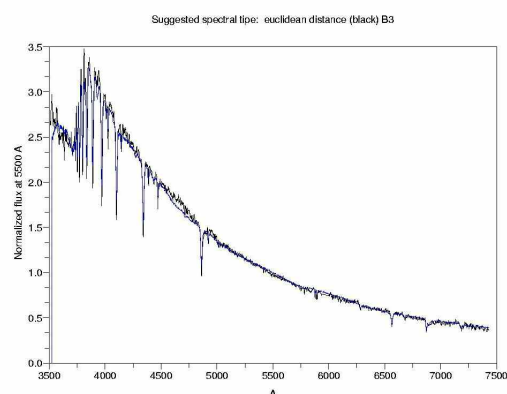


Figura 6 : L'oggetto No. 3, classificato come stella B3 III.

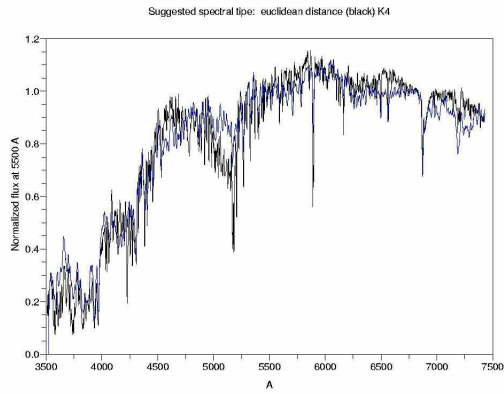


Figura 7 : L'oggetto No. 4, classificato come stella K4 III.

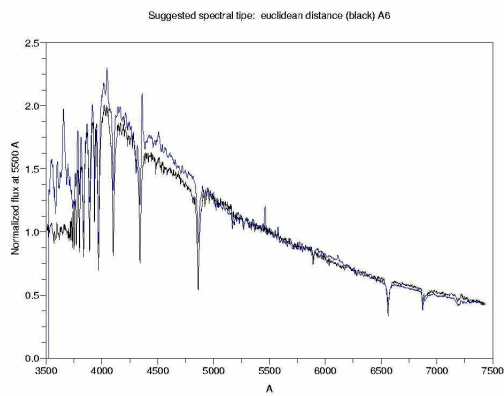


Figura 8: L'oggetto No. 46 classificato come stella A6 V.

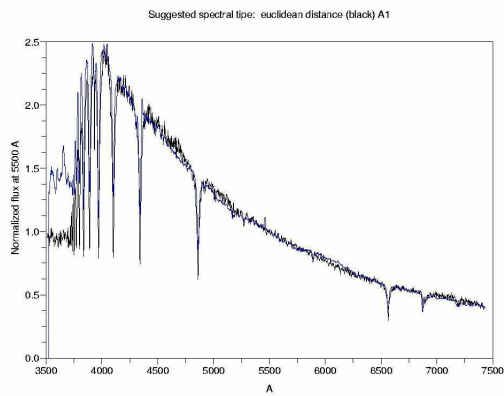


Figura 9: L'oggetto No. 53, classificato come stella A1 V.

BIBLIOGRAFIA

- Jacoby, G. H., Hunter, D. A., Christian, C. A., 1984, *Astrophysical Journal Supplement Series*, **56**, 257
 Sung, H. e Lee, S.-W., 1992, *The Journal of The Korean Astronomical Society*, **25**, 91