

Determinazione del tipo spettrale e stima dell'estinzione in stelle con righe di emissione

Michele Lazzari, Marco Rocchetto, Irene Vidal

Liceo Scientifico “G.B. Benedetti”, Venezia

SOMMARIO

Questo lavoro si propone di eseguire la classificazione spettrale e di calcolare il valore di estinzione galattica (reddening) per alcune stelle che presentano la riga $H\alpha$ in emissione. La classificazione avviene mediante il riconoscimento di alcune righe caratteristiche dei diversi tipi. Il reddening, dovuto al materiale interstellare che assorbe parte delle radiazioni provenienti dalle stelle osservate, si misura mediante l'applicazione di alcune formule teoriche.

I. INTRODUZIONE

L'estinzione galattica è un fenomeno dovuto alla presenza di nubi di gas e di polvere tra la Terra e l'astro osservato; queste polveri assorbono parte delle radiazioni provenienti dalla stella, in percentuale diversa nei diversi colori: più nel blu che nel rosso. Conseguentemente, esse provocano un arrossamento dello spettro che è tanto maggiore quanto più prevalgono nello spettro le radiazioni di piccola lunghezza d'onda, ossia per le stelle più calde. Infatti maggiore è la quantità della radiazione ad alta frequenza che attraversa la nube, maggiore è la percentuale delle radiazioni assorbite. Inoltre l'assorbimento dipende dalla distanza. Tale arrossamento è misurabile abbastanza facilmente confrontando lo spettro osservato e ridotto con lo spettro previsto per quel particolare tipo spettrale.

II. DATI OSSERVATIVI

Abbiamo preso in considerazione gli spettri di sette stelle accomunate dalla caratteristica di avere righe di emissione, in particolare quelle dell'idrogeno. Le stelle appartengono tutte ad un catalogo compilato da Kohoutek e Wehmeyer nel 1997 contenente 4174 stelle appartenenti alla parte settentrionale della Via Lattea, con longitudine galattica compresa tra 32° e 214° , e latitudine tra -10° e $+10^\circ$, aventi tutte la riga

$H\alpha$ in emissione. Con pochi casi dubbi, la lista esclude oggetti non stellari (come regioni HII, Nebulose Planetarie) a meno che non contengano al loro interno una stella con la suddetta riga. Le stelle che appartengono al catalogo sono di molti gruppi spettrali differenti.

Spettri con righe in emissione sono un'eccezione e si presentano con maggior frequenza tra le stelle dei primi (O, B) e degli ultimi (K, M) tipi spettrali. La loro presenza denota una profonda perturbazione degli strati atmosferici, qualunque ne possa essere la causa. Tipicamente le stelle M con righe in emissione sono tutte variabili; molte appartengono a sistemi binari. Invece quelle di tipo O e B si possono dividere in due gruppi, a seconda del profilo delle righe: le stelle Be e le P Cygni. Le prime presentano in emissione solo una o più righe della serie di Balmer.

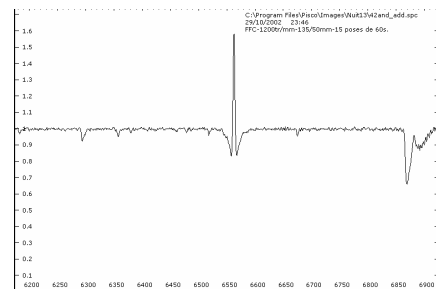


Figura 1: In questo spettro l'emissione molto stretta si sovrappone ad un assorbimento più largo

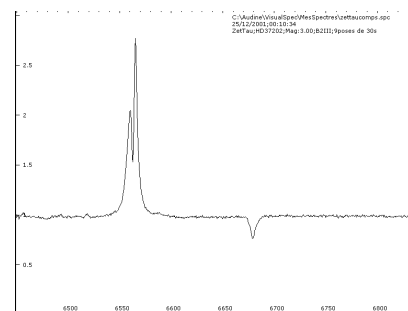


Figura 2: In questo spettro la riga in emissione ha due componenti separate.

Spesso l'emissione è sovrapposta a un assorbimento per cui il profilo ha forme caratteristiche (Figg. 1 e 2).

In molti casi le righe si osservano per periodi limitati. Si suppone che in queste stelle l'elevata velocità di rotazione, suggerita dalle larghe righe di assorbimento, all'equatore sia vicina alla velocità di fuga. La materia che sfugge forma un disco che, per la conservazione del momento angolare, ruota con velocità minore. Perciò dal disco esteso ci possono provenire due righe in emissione, una spostata verso il rosso per la parte che si allontana da noi, una verso il blu. Ecco perché queste righe sono spesso doppie, dipende dall'inclinazione del disco rispetto all'osservatore.

Il profilo P Cygni, invece, che è sempre asimmetrico, si spiega con una atmosfera enorme in espansione (Fig. 3). La parte in assorbimento si forma nella porzione dell'atmosfera che si muove verso l'osservatore, il resto dell'atmosfera contribuisce all'emissione.

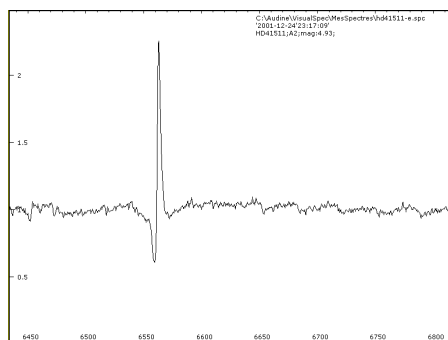


Figura 3: Esempio di profilo P Cygni

Le stelle dei primi tipi spettrali si evolvono molto rapidamente. Esse devono quindi appartenere ad una popolazione giovane, se non sono giovani esse stesse.

Le stelle osservate sono tutte sul piano galattico. Gli spettri sono stati raccolti il 24/10/2006. Tutti gli spettri sono contrassegnati con una sigla Kn dove K sta per Kohoutek e n è il numero progressivo con cui la stella si presenta nel catalogo.

Gli oggetti studiati sono i seguenti:

K2221, K2223, K2224, K2241, K46, K57, K64.

Tabella 1: Caratteristiche principali degli oggetti osservati e coordinate equatoriali

#	Nome	B	V	RA	Decl
K46	V*KN Cas	11,1	9,55	00 09 05	+62 42 05
K57	V*V510 Cas	15,62	13,85	00 11 55	+65 35 10
K64	EM* VES 686	12,36	11,73	00 13 44	+63 15 00
K2216	V*DD Cyg	10,50	10,50	19 31 14	+34 42 20
K2218	EM* VES 8	11,84	11,52	19 31 53	+27 07 50
K2219	HBHA 1703-08		11,0	19 31 42	+18 11 00
K2236	PN G064.7+05.5	10,35	10,4	19 34 39	+30 30 45

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Siamo partiti dallo spettro grezzo che abbiamo opportunamente elaborato tramite le correzioni strumentali (Bias e Flat Field), la calibrazione in lunghezza d'onda, la calibrazione in flusso e la sottrazione del cielo.

Tramite il programma IRAF abbiamo convertito l'immagine dello spettro in un grafico.

A questo punto abbiamo confrontato lo spettro delle diverse stelle da analizzare con gli spettri di stelle di tipo spettrale conosciuto.

Osservando le righe di assorbimento abbiamo stimato la temperatura della stella e un tipo spettrale corrispondente.

Abbiamo poi applicato un valore di estinzione, sempre tramite il programma IRAF, che correggeva lo spettro secondo la legge empirica di Cardelli, Clayton e Mathis (1989). Dall'osservazione di come l'estinzione varia a seconda della lunghezza d'onda essi ricavarono una legge empirica che permetteva appunto di correggere lo spettro di una stella dato un valore di estinzione:

$$[1] A(\lambda)/A(V) = a(x) + b(x)/R_v$$

$$[1.1] a(x) = 1 + 0.17699y - 0.50447y^2 - 0.02427y^3 + 0.72085y^4 + 0.01979y^5 - 0.77530y^6 + 0.32999y^7$$

$$[1.2] b(x) = 1.41338y + 2.28305y^2 + 1.07233y^3 - 5.38434y^4 - 0.62251y^5 + 5.30260y^6 - 2.09002y^7$$

La formula [1] è basata sul valore del rapporto selettivo $R(V)$ che solitamente è assunto uguale a 3.1. $R(V)$ non è sempre costante, in certe regioni dello spazio come ad esempio quelle in cui nuove stelle si formano, può assumere valori maggiori di 3.

In alcuni casi in effetti non siamo riusciti a ripristinare la forma corretta della stella anche dopo aver rimosso l'estinzione. Questo potrebbe essere dovuto all'utilizzo di una legge empirica non corretta per le condizioni fisiche di gas e polveri attorno ad alcune stelle che abbiamo analizzato.

Nel concreto, per individuare il valore di estinzione e il tipo spettrale abbiamo effettuato diverse prove (con valori di reddening diversi, con tipi spettrali differenti) finché lo spettro della stella meglio si avvicinava a quello della stella di tipo spettrale conosciuto.

L'estinzione calcolata, $A(V)$, esprimerà l'assorbimento in magnitudini riferite al filtro V (visibile). Dalla formula di Pogson:

$$A = m - m_0 = -2.5 \times \log_{10}(F / F_0)$$

dove A è l'assorbimento, m la magnitudine osservata, m_0 quella che la stella avrebbe se non fosse assorbita, F il flusso della stella assorbita, F_0 il flusso della stella se non fosse assorbita.

Quindi, un assorbimento A di 5 mag corrisponde ad un rapporto di flusso $F/F_0 = 1/100$: la stella appare cioè 100 volte meno brillante di quello che sarebbe se non ci fosse l'assorbimento.

Per grandi valori di $A(V)$, una stella debole e molto assorbita può risultare del tutto invisibile in V, ma può essere osservata con i filtri J, H e K o anche a lunghezze d'onda maggiori.

IV. RISULTATI

Le figure 4 e 5 mostrano, con scopo illustrativo, il profilo delle righe di alcuni spettri ridotti (in rosso), messe a confronto con lo spettro del tipo che più di tutti sembrava riprodurre quello osservato (in blu). Si noti in tutti i casi la presenza della riga $H\alpha$ in emissione a 6563 Å.

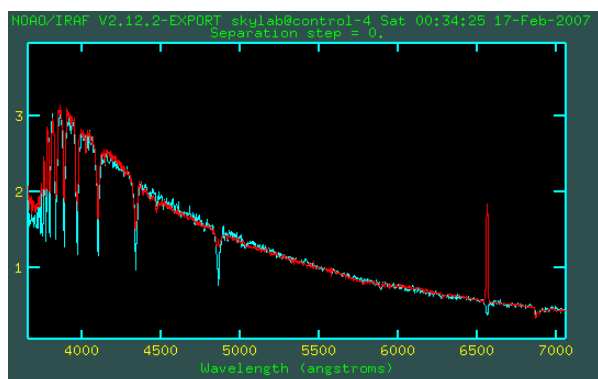


Figura 4: K2219. In rosso lo spettro della stella. In blu lo spettro di una stella di tipo spettrale conosciuto (B8).

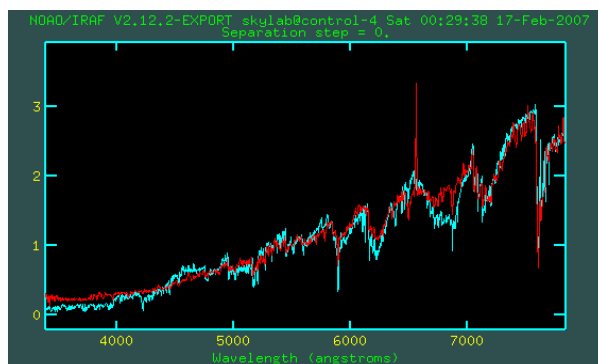


Figura 5: K46. In rosso lo spettro della stella. In blu lo spettro di una stella di tipo spettrale conosciuto (M2).

I valori di estinzione e tipo spettrale ottenuti sono riportati nella Tabella 2, assieme al tipo spettrale ottenuto da altri autori.

Tabella 2: Tipi spettrali e estinzione

#	Tipo spettrale	Estinzione osservata	Tipo spettrale altri autori
K46	M2	0,4	M11bpev
K57	K1	2,3	K1
K64	O9,5	2,9	B...
K2216	M0	0	M0e
K2219	B8	1,6	

Le nostre stime di tipo spettrale non si discostano molto da quelle di altri autori. Lo spettro dell'oggetto

HBHA 1703-08 non era mai stato studiato in precedenza.

Nel caso di una stella, K2218, non siamo riusciti a determinare in maniera soddisfacente né il tipo spettrale né il valore dell'estinzione. Si trattava di uno spettro peculiare che non corrispondeva a nessuno degli spettri campione che ci erano stati forniti.

Relativamente all'assorbimento ci attendiamo una relazione tra la posizione della stella rispetto il piano galattico e il valore della sua estinzione. Una stella a latitudine galattica maggiore di 20-30 gradi è sufficientemente fuori dal piano galattico da avere un'estinzione molto bassa. Una stella a latitudine compresa tra -5 e +5 gradi si può invece considerare sul piano galattico ed avrà un assorbimento molto grande.

Anche la longitudine della stella influenza il valore dell'estinzione in quanto una stella vicina al centro galattico subirà una maggiore estinzione rispetto ad una stella periferica.

Infine bisogna aggiungere che anche la distanza che intercorre tra noi e la stella osservata naturalmente influenzerà il valore dell'estinzione.

Mediante un software fornito dal NED (NASA/IPAC Extragalactic Database), abbiamo dunque convertito le coordinate equatoriali in coordinate galattiche, e calcolato il valore atteso dell'estinzione, anche se, per i motivi sopra riportati, sul piano galattico quest'ultimo valore non può essere considerato molto corretto.

Tabella 3: Coordinate galattiche e confronto tra estinzione calcolata ed osservata.

#	Coord. Galatt.		Estinzione	
	Long.	Lat.	Calcolata	Osservata
K46	118,10	0,2280	2,90	0,4
K57	118,86	0,0392	6,81	2,3
K64	118,70	0,6882	3,34	2,9
K2216	68,14	7,6554	0,63	0
K2219	61,50	0,4543	2,54	1,6

Per valori di latitudine minore di 5 gradi il dato dell'estinzione calcolata è poco attendibile. Il valore dell'assorbimento dipende dalla effettiva distribuzione di gas e polveri che al di fuori del piano galattico può essere considerata quasi uniforme e si può quindi assumere un valore medio di assorbimento. Nel piano galattico invece la distribuzione non è affatto uniforme e il valore dell'assorbimento può variare moltissimo. Quando la stella si trova sul piano galattico, quindi, l'assorbimento dipende dalla effettiva presenza di nubi di polveri e gas, che possono quindi agire in modo diverso su due stelle che sono lungo la stessa linea di vista, ma che sono invece una più vicina ed una più lontana.

Comunque il valore di estinzione per 3 delle 5 stelle per cui è stato calcolato è in discreto accordo con quello misurato. In particolare per l'unica stella un po'

più distante dal piano galattico, K2216, di latitudine $7^{\circ},6$, il valore di assorbimento è molto basso (secondo quanto da noi assunto per riprodurre lo spettro praticamente ininfluente), esattamente come atteso dalla teoria.

L'unica stella che si discosta dalle attese è K46, di latitudine $0^{\circ},7$. Nonostante si trovi sul piano galattico, presenta un valore di assorbimento molto basso. Bisogna però aggiungere che essa è relativamente vicina (la sua parallasse è $0,00476''$ ossia la sua distanza è 210 pc). Delle altre stelle che abbiamo osservato solo K2216 ha una distanza calcolata per via parallattica (parallasse = $0,00472''$, distanza 212 pc) e dovrebbe essere quindi relativamente vicina. Anch'essa ha un valore di assorbimento molto ridotto.

Nota

Tra gli spettri da noi studiati c'era anche quello di una stella molto particolare, denominata con il progressivo K2236 (vedi Fig. 6). Di questo oggetto non ci è stato possibile stabilire né il tipo spettrale né l'estinzione galattica. Si tratta, infatti, da quanto risulta dalla letteratura, di una Wolf-Rayet (simbolo WR) con un nebulosa planetaria connessa: PN G064.7+05.5. E' un oggetto molto studiato (è presente con 776 referenze dal 1985 ad oggi) ed è sicuramente una eccezione all'interno del catalogo Kohoutek. Le WR sono stelle in fasi molto avanzate dell'evoluzione che presentano righe larghe in emissione. Si distinguono in WN e WC sulla base del fatto che mostrino righe dell'azoto o del carbonio. La nostra stella mostra in particolare queste seconde ed è dunque una WC.

Per il calcolo delle coordinate galattiche e dell'assorbimento teorico abbiamo utilizzato il calcolatore disponibile all'indirizzo:

<http://nedwww.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html>

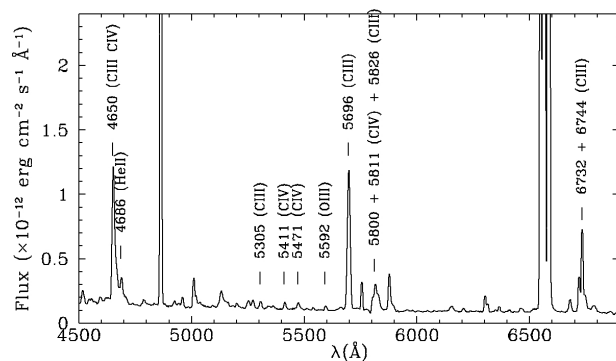


Figura 6: K2236: spettro della WR con indicate le righe di carbonio

BIBLIOGRAFIA

Kohoutek L., Wehmeyer R., AAHam..11....1K -
Astron. Abh. Hamburg. Sternw., 11, 1 (1997)
Cardelli J.A., Clayton G.C., Mathis J.S., Ap.J.
345:245-256 (1989)

SITOGRAFIA

La maggior parte delle informazioni sugli oggetti osservati sono state raccolte mediante l'archivio:

<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>