

## CLASSIFICAZIONE SPETTRI

**I\_ Iniziamo con le risposte corrette, a seguire alcuni commenti.**

*1. Ordine degli spettri (dalle stelle più calde alle più fredde):*

D, A, G, F, I, E, C, H, B

*2. Attribuzione delle classi spettrali di Harvard:*

D = B

A = A

G = A

F = F

I = G

E = G

C = K

H = M

B = M

*3. Stelle a cui appartenevano gli spettri e loro classificazione spettrale completa con sottoclassi e classi di Morgan-Keenan:*

D = Regolo B7V (sequenza principale)

A = Sirio A1V (sequenza principale)

G = Castore A1V (sequenza principale)

F = Procione F5IV-V (tipo intermedio tra la sequenza principale e il ramo delle subgiganti)

I = Sole G2V (sequenza principale)

E = Capella G8III (gigante)

C = Arturo K1.5III (gigante)

H = Antares M1.5I (supergigante)

B = Betelgeuse M2I (supergigante)

## II Commenti

Complessivamente le vostre attribuzioni sono buone, in alcuni casi veramente ottime.

Per quanto riguarda l'ordine, considerando che non consideravamo le sottoclassi,

A e G, I ed E, e H e B potevano tranquillamente essere invertite tra loro e quindi alcuni di voi hanno perfettamente individuato l'ordine.

Qualche problema in più per l'attribuzione della corretta classe spettrale.

La bassa risoluzione di alcuni spettri creava senz'altro qualche difficoltà. Comunque, delle tre stelle più calde (A, D e G) – come si evinceva facilmente dalla forma del continuo - la G e la A hanno le righe di Balmer più profonde. Ricordando che è nella classe spettrale A che si hanno le righe di Balmer più profonde e che nella classe spettrale O queste righe sono molto deboli, si poteva giungere alla corretta attribuzione, inserendo la stella D (ha le righe di Balmer meno profonde ma abbastanza evidenti) nella classe B e le altre due nella A.

La stella F presenta un andamento del continuo con un massimo più spostato verso lunghezze d'onda maggiori rispetto alle stelle A, D e G, di conseguenza – come la maggior parte di voi ha fatto – andava inserita nella classe spettrale F, successiva alla A. L'appartenenza a questa classe è supportata anche dalla presenza di altre righe di assorbimento oltre a quelle della serie di Balmer (zona del Fe, Mg, Ca).

La I e la E appartengono alla stessa classe spettrale principale (G), ma differiscono abbastanza nella sottoclasse. La prima (il Sole) appartiene alla classe G2, la seconda (Capella) appartiene alla classe G8. Se si osserva con attenzione lo spettro di Capella si può notare che è leggermente spostato verso lunghezze d'onda maggiori rispetto a quello Solare. Ma questo non era facilissimo da notare, così come poteva trarre in inganno una certa differenza tra gli spettri dovuta essenzialmente alla diversa risoluzione con cui sono stati acquisiti. Ma molti di voi sono stati lo stesso bravi ad associare questi due spettri la stessa classe spettrale G.

Tutti avete associato correttamente lo spettro B (di Betelgeuse) alla classe spettrale M.

Tra la classe M e la K le differenze non sono vistose, tra l'altro avevamo a che fare con sottoclassi M abbastanza basse (1.5 per Antares) e quindi è comprensibile qualche difficoltà che ha fatto associare a buona parte di voi la stella H (Antares) alla classe K, mentre invece appartiene alla M.

Complessivamente, comunque, quasi tutti gli errori hanno fatto al massimo scivolare la stella nella classe spettrale adiacente (ad es. Dalla A alla B o dalla K alla M). Errore accettabile per una prima classificazione fatta per altro su spettri a bassa risoluzione e che hanno presentato qualche problema di riduzione dei dati.

### III\_La riduzione dei dati

Qui un breve cenno, per chi è interessato, alla riduzione dei dati.

Gli spettri che avete utilizzati sono stati calibrati in lunghezza d'onda. Questa calibrazione è relativamente facile da fare. Dobbiamo associare a ogni posizione (pixel)  $P$  una lunghezza d'onda  $\lambda$ :

La relazione che lega  $P$  e  $\lambda$  è una relazione (in prima approssimazione) lineare del tipo:

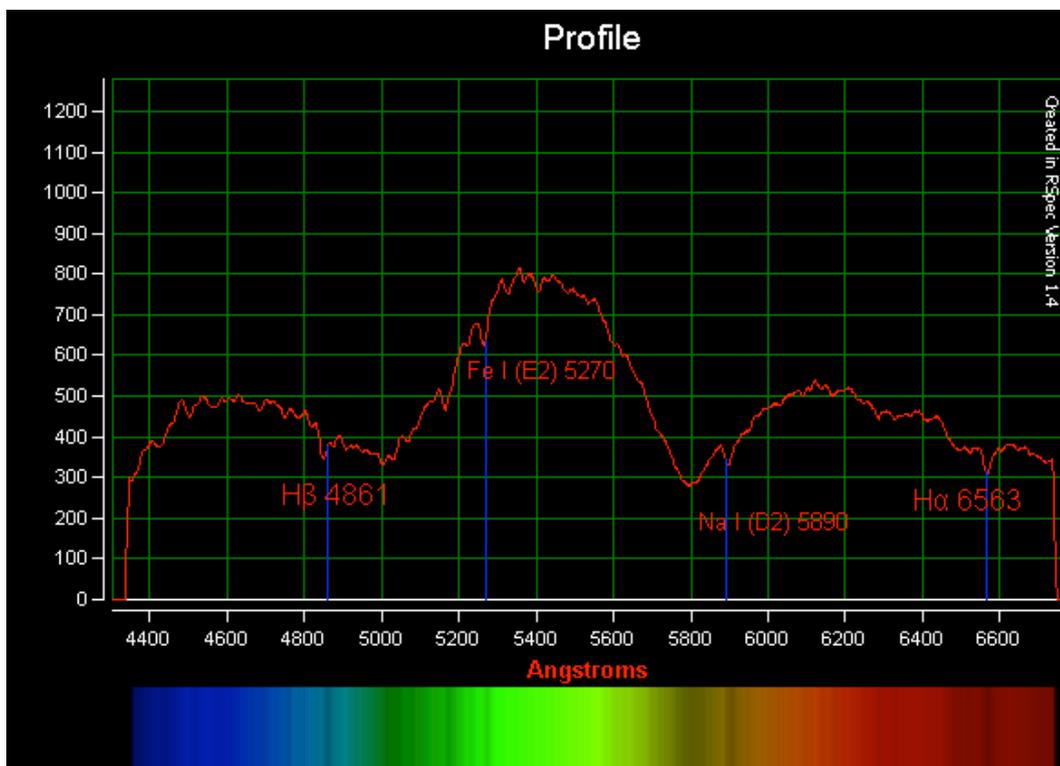
$$\lambda = aP + b$$

per determinare i parametri  $a$  e  $b$  è sufficiente conoscere la posizione e la lunghezza d'onda di due righe: avremo un sistema di due equazioni in due incognite,  $a$  e  $b$ .

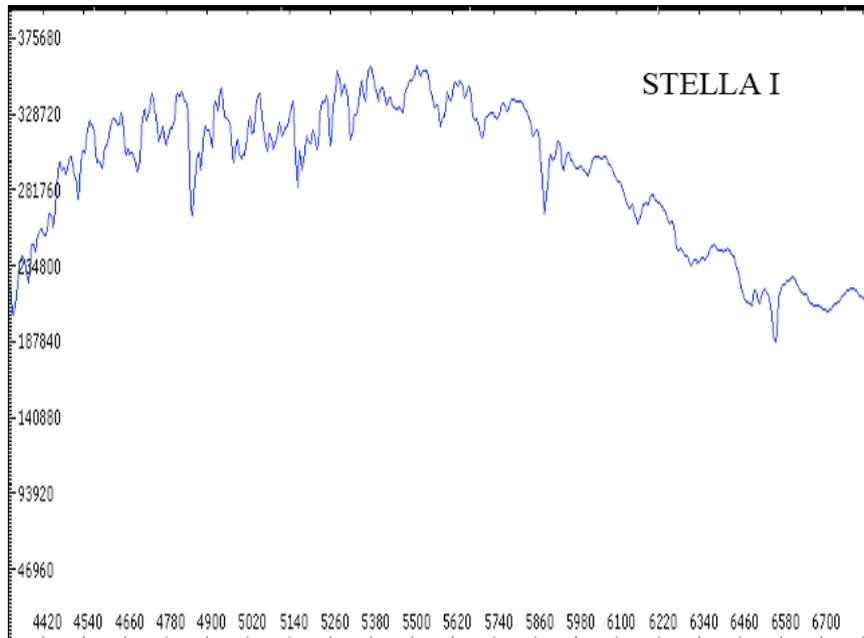
In genere questo problema viene risolto dal software una volta che abbiamo individuato almeno due righe caratteristiche (facile nel caso della serie di Balmer, un po' più complicato negli altri casi).

Più complicata è la correzione necessaria per tenere conto della *Risposta* del rivelatore. La Risposta  $R(\lambda)$  di un rivelatore è un funzione della lunghezza d'onda  $\lambda$ , che cambia da rivelatore a rivelatore.

Per darvi un esempio, qui sotto è mostrato lo spettro del Sole ottenuto con il nostro rivelatore *senza* la correzione in risposta.



Come vedete, a parte la posizione delle righe, è molto diverso dallo spettro I ! (che è proprio quello del Sole, ma opportunamente calibrato in risposta, riportato qui sotto per comodità di confronto)



Ciò è dovuto al fatto che il rivelatore risponde in maniera diversa in funzione della lunghezza d'onda, con una forma a “tre gobbe”, come vedete dal grafico [questa è la risposta di questo rivelatore, non tutti i rivelatori rispondono allo stesso modo !].

Come si fa a correggere lo spettro in maniera che diventi “normale”?

Dobbiamo avere a disposizione uno spettro di riferimento noto – tipicamente preso da un catalogo di spettri già ridotti e corretti – chiamiamolo  $S_n(\lambda)$ . Poi acquisiamo lo spettro della stessa stella con il nostro rivelatore. Otterremo lo spettro misurato  $S_m(\lambda)$  che è legato allo spettro noto dalla relazione:

$$S_m(\lambda) = R(\lambda)S_n(\lambda)$$

in quanto è modificato dalla risposta del rivelatore.

Dividendo i due spettri otteniamo la Risposta:

$$R(\lambda) = \frac{S_m(\lambda)}{S_n(\lambda)}$$

Una volta ottenuta la risposta possiamo correggere in risposta tutti gli spettri ottenuti con quel rivelatore semplicemente dividendo lo spettro per la risposta.

Così sono stati ottenuti gli spettri che avete analizzato. Quando la risposta è un po' “complicata” come nel caso della telecamera che abbiamo usato per le riprese degli spettri, non sempre questa correzione viene bene (si può fare meglio ma occorre

molto lavoro !) da cui i piccoli artefatti presenti in alcuni degli spettri (ed esclusi dall'analisi).

A proposito dello spettro Solare, essendo quello della “stella” a noi più vicina è anche quello che può essere studiato con maggiore facilità e dettaglio.

Può essere interessante a tal proposito leggere quanto è scritto nelle prime tre pagine dell'articolo che trovate al seguente link:

<http://www.arcetri.astro.it/~romoli/sole2.pdf>

Il resto dell'articolo è decisamente più “difficile” – potrete capirlo solo se proseguirete i vostri studi scientifici - ma è un buon esempio di come i fisici, con l'aiuto della matematica, affrontano questi problemi.

#### **IV\_Gli strumenti usati**

Per acquisire gli spettri abbiamo usato questa strumentazione:

Telescopio Schmidt-Cassegrain da 20 cm di Apertura e circa 130 cm di focale (f/6.3).

Telecamera Imaging Source DBK 41AU02.AS

Reticolo di diffrazione Star Analyser da 100 linee/mm (due spettri sono stati acquisiti con un reticolo da 200 linee/mm e una diversa camera di ripresa).

Programmi di acquisizione e riduzione dei dati:

RSpec: <http://www.rspec-astro.com/>

VSpec: <http://www.astrosurf.com/vdesnoux/>