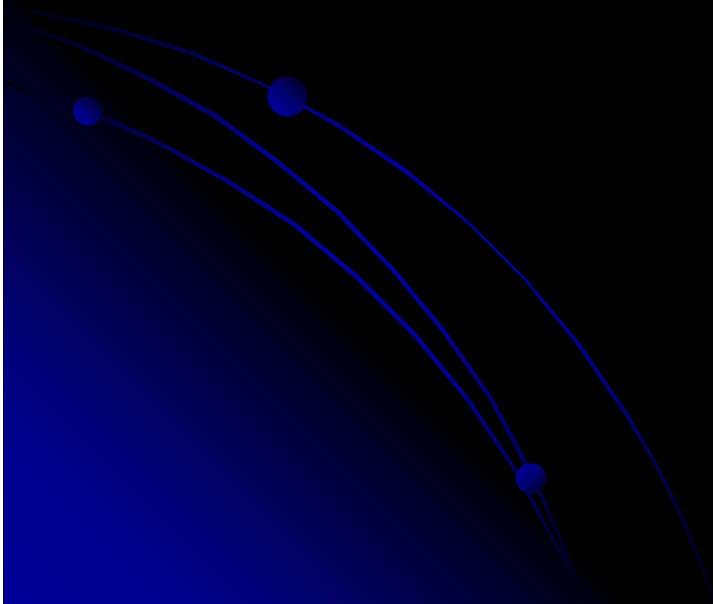




1° Meeting Unione Astrofili Napoletani
INAF – Osservatorio Astronomico di Capodimonte
5 novembre 2011

Analisi spettroscopica della stella P Cygni

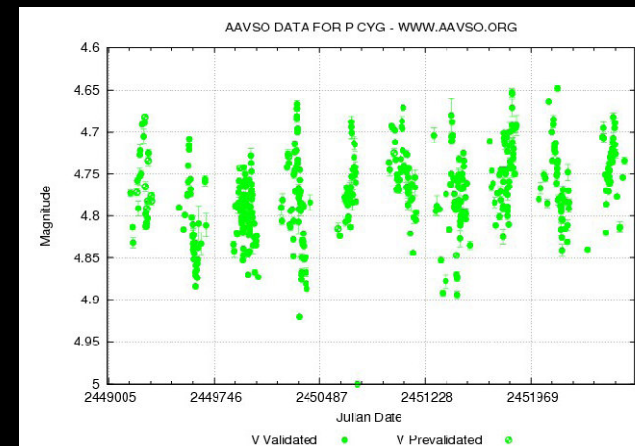
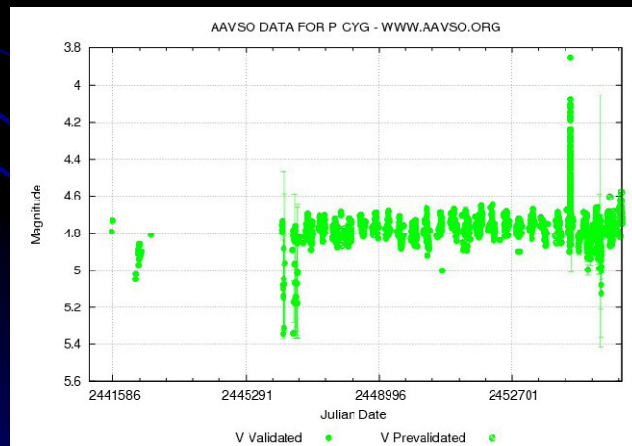


Introduzione

P Cygni, catalogata anche come 34 Cygni, è una stella variabile nella costellazione del Cigno. La designazione P stava originariamente ad indicare lo stato di nova ([Bayer 1603, Uranometria](#)).

P Cyg è una stella supergigante blu appartenente alla categoria delle LBV (Luminous Blue Variable), di classe spettrale B, tra le più luminose nella Galassia ($M_v = -7$) e distante circa 6000 anni luce.

La magnitudine in banda V è di $4,8 \pm 0,5$ ma il suo valore varia continuamente a causa delle fluttuazioni dell'intenso vento stellare.

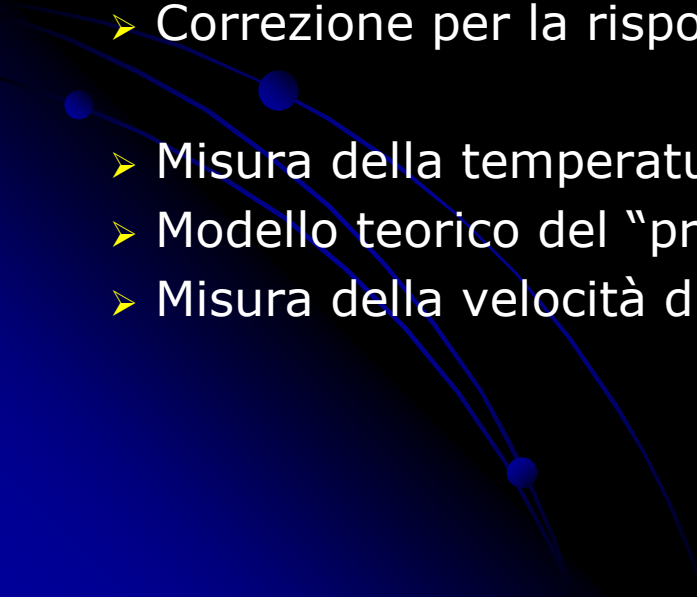


Sommario

- Acquisizione degli spettri
 - Acquisizione delle immagini di pre-riduzione

 - Pre-processing degli spettri
 - Media degli spettri per aumentare il rapporto S/N

 - Calibrazione in lunghezza d'onda dello spettro
 - Correzione per la risposta strumentale

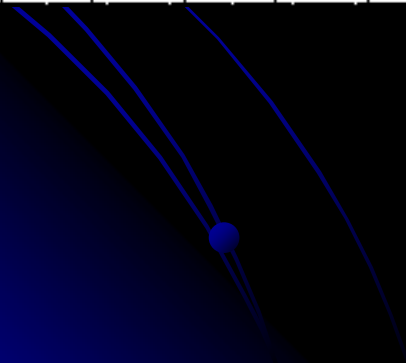
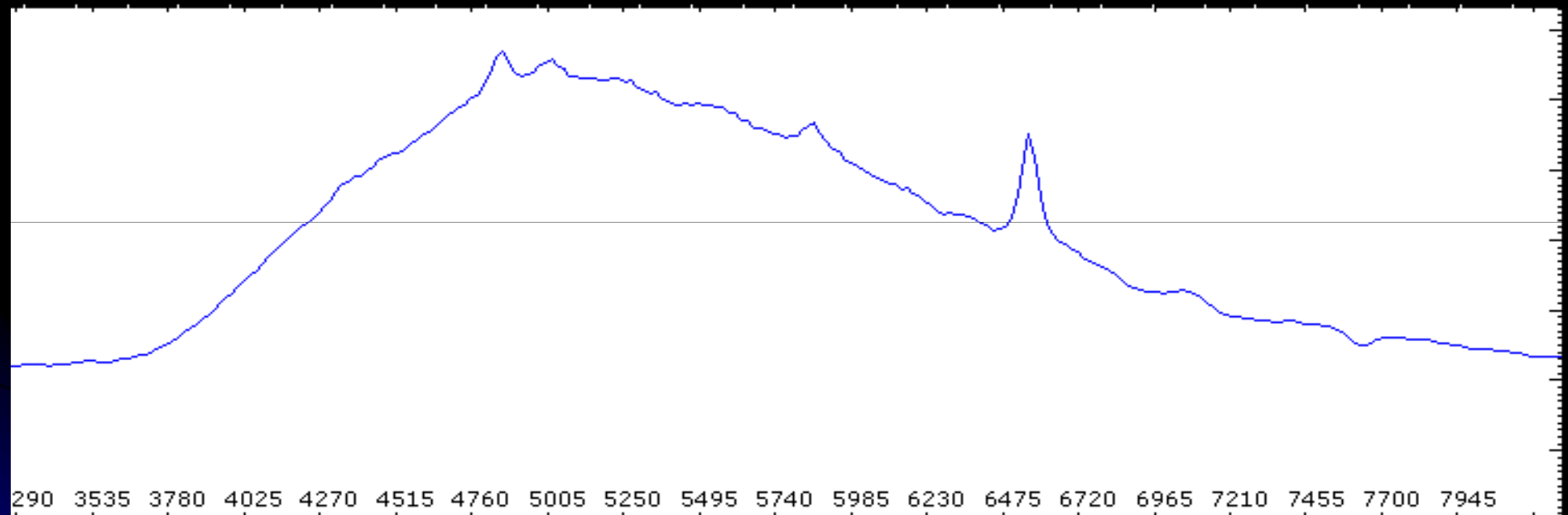
 - Misura della temperatura di colore (limite inferiore)
 - Modello teorico del "profilo P Cygni"
 - Misura della velocità di espansione del vento stellare
- 

Strumentazione e Software

- Telescopio Celestron C11 f/10 su Montatura CI 700
- CCD Atik 16 IC-S sensore monocromatico
- Reticolo di diffrazione Shelyak Star Analyzer 100 linee/mm

- AstroArt
- Visual Spec

Spettro di P Cyg



L'analisi dei dati

La dispersione Δ risulta essere di circa 20 Å/pixel, indice del fatto che stiamo lavorando in regime di bassa dispersione.

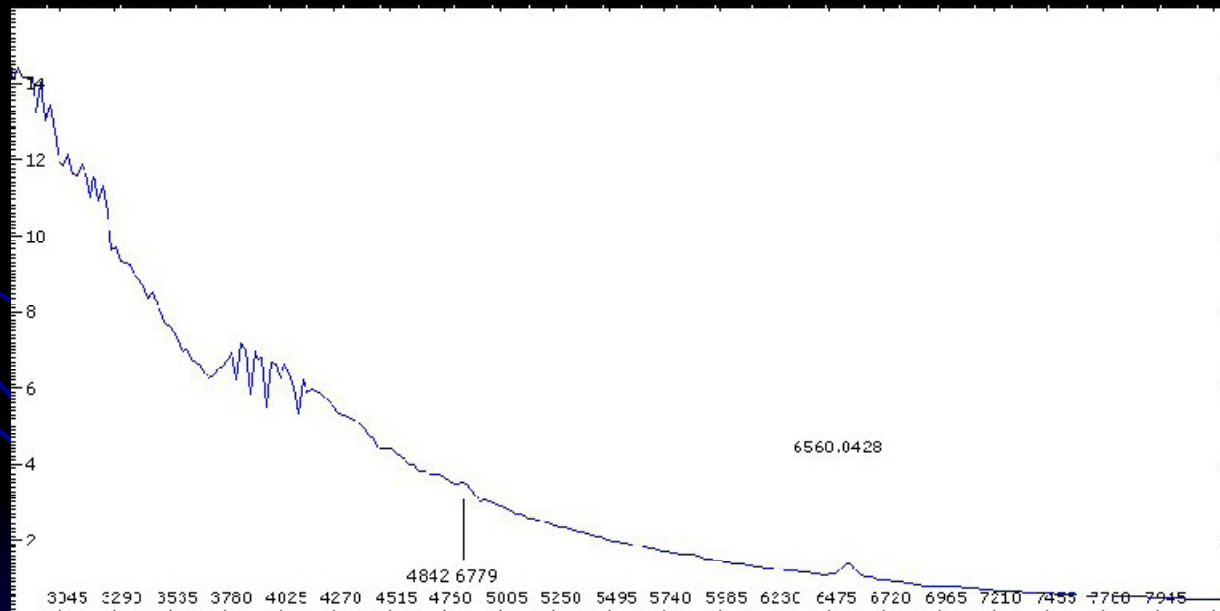
Essa rappresenta la massima precisione, intesa come il minimo dettaglio registrabile, che possiamo misurare sullo spettro.

Rappresenta quindi l'errore massimo che commettiamo nelle misure di lunghezza d'onda.

Misura della temperatura di colore

Dallo spettro calibrato e corretto per la risposta strumentale, misuriamo la lunghezza d'onda del massimo e ricaviamo la temperatura utilizzando la legge di Wien: $\lambda_{\max} T = a$ (con $a \approx 3000 \mu\text{m K}$)

$$\lambda_{\max} \approx 3000 \pm 20 \text{ \AA} \rightarrow T = 10000 \pm 15 \text{ K.}$$



Considerazioni su T

Si nota che il massimo del profilo spettrale si pone ben prima dei 3000 Å, valore dal quale iniziano le nostre misure in lunghezza d'onda.

Il massimo di emissione della stella si trova nell'ultravioletto e la temperatura da noi misurata rappresenta solo un limite inferiore, per cui

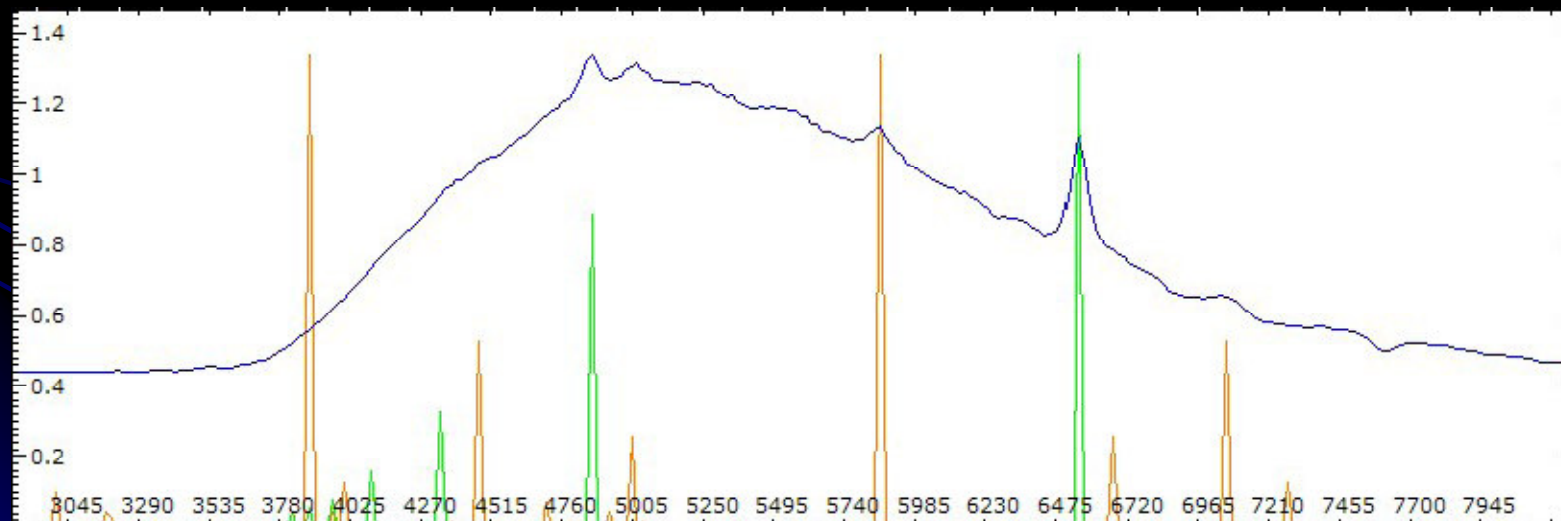
$$T > 10\,000\text{ K}$$

Una tale temperatura ionizza i gas circumstellari più esterni, principalmente idrogeno (H) ed elio (He), confermata dalla presenza di forti righe di emissione nel profilo spettrale.

Profilo spettrale

Il profilo stellare mostra forti linee di emissione a lunghezze d'onda corrispondenti agli atomi:

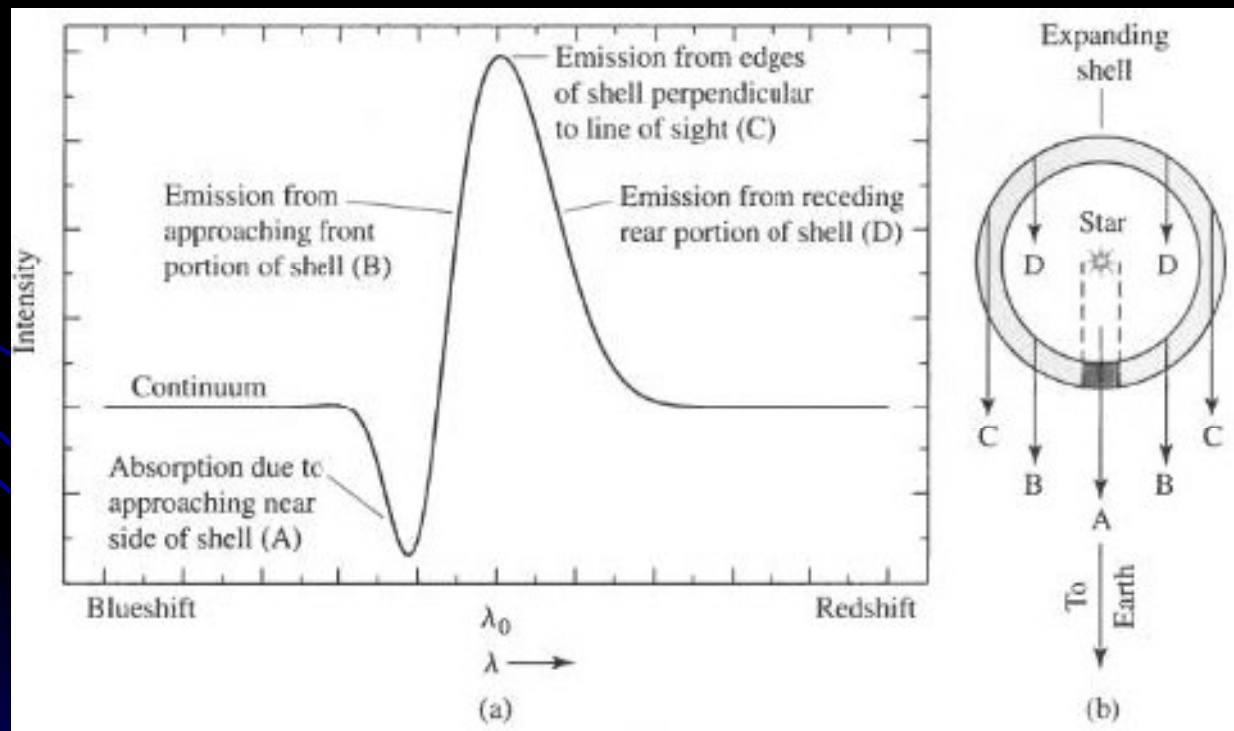
- idrogeno (in verde $H\alpha = 6563 \text{ \AA}$ e $H\beta = 4861 \text{ \AA}$)
- elio (in arancione $HeI = 5016; 5876; 7066 \text{ \AA}$)



Profilo spettrale

Tipica caratteristica spettroscopica, chiamata "profilo P Cygni", è la presenza congiunta di righe d'assorbimento e d'emissione.

Il picco di emissione, piuttosto largo, è preceduto da una riga d'assorbimento a lunghezza d'onda più corta (blueshift)



Interpretazione fisica

L'interpretazione fisica del profilo delle righe è che la stella sta sperimentando una significativa perdita di massa.

La componente in emissione è dovuta alla porzione del guscio in espansione della stella (supergigante blu) che si sta muovendo lateralmente e perpendicolarmente alla linea di vista.

La componente in assorbimento è invece il risultato di luce che passa attraverso un gas diffuso e più freddo.

La parte dell'involucro immediatamente lungo la linea di vista, detta zona d'ombra, assorbe i fotoni emessi dalla stella molto calda ($T > 10000$ K).

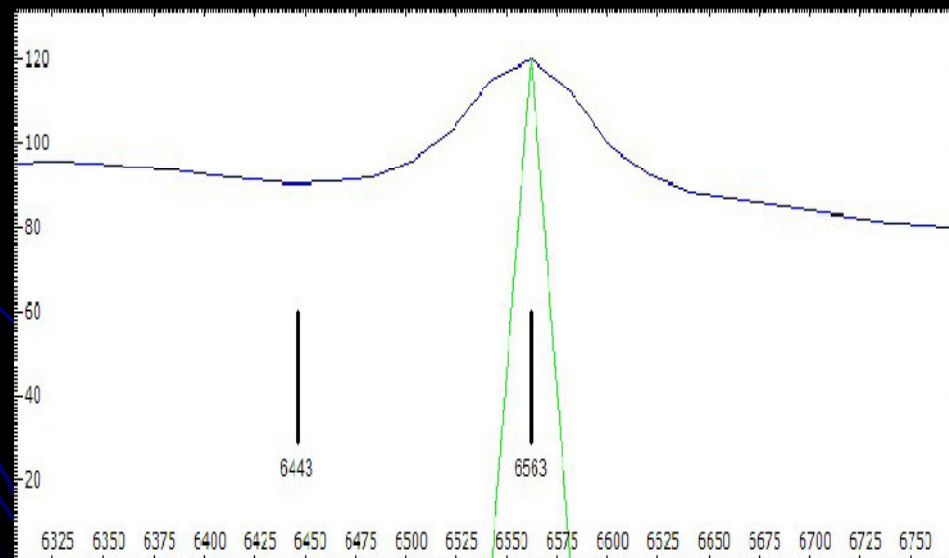
Siccome questa parte dell'involucro si sta muovendo verso l'osservatore, l'assorbimento è blueshiftato rispetto alla componente di emissione.

Velocità di espansione della shell

Posto il vincolo sulla temperatura, tale da riuscire a ionizzare il gas circumstellare, e chiarito il modello fisico che sta alla base del tipico profilo P Cygni, siamo ora in grado di poter stimare la velocità di espansione dell'involucro.

Per far ciò sfrutteremo la componente in assorbimento delle righe spettrali poiché è legata al guscio esterno che si muove lungo la linea di vista, in avvicinamento all'osservatore, che quindi presenta il massimo blueshift.

In figura è mostrato un ingrandimento della riga $H\alpha$ (6563 Å)



Misure

Sono riportate le differenze in lunghezza d'onda tra la componente di assorbimento e la componente di emissione (riportate con valore positivo).

Gli errori di misura delle lunghezze d'onda sono pari a 20 Å. Infine sono riportati i valori medi del blueshift (z) per ogni run osservativo.

Righe	28-06-2011	06-07-2011	08-07-2011	12-07-2011
(Å)	(ΔÅ)	(ΔÅ)	(ΔÅ)	(ΔÅ)
Hβ (4861)	-	-	-	50
HeI (5016)	-	42	73	-
HeI (5876)	102	55	66	38
Hα (6563)	118	93	83	121
HeI (7066)	72	-	73	110
$z = \Delta\lambda/\lambda$	0.015	0.010	0.012	0.012
Δz	0.002			

Risultati e prospettive future

È ragionevole ipotizzare che il gas si espanda con velocità inferiore a quella della luce, per cui, utilizzando l'effetto Doppler non relativistico ($z = v/c$), possiamo stimare la velocità di espansione del guscio esterno:

$$z_{\text{medio}} \approx 0.012 \pm 0.002 \rightarrow v_{\text{media}} \approx 3000 \pm 600 \text{ km/s}$$

Confronteremo il nostro risultato con misure professionali

Il presente lavoro sarà oggetto di prossima pubblicazione su *Astronomia UAI*, la rivista dell'Unione Astrofili Italiani.

