

# Acquisizione e Riduzione Dati in Fotometria Fotoelettrica

- Vi sono due modi di fare fotometria. Il primo, detto fotometria a tutto cielo, è di solito riservato ai grandi osservatori professionali che possono disporre di cieli spesso in condizioni ottimali. Il secondo, detto fotometria differenziale, pur essendo più semplice, spesso dà risultati altrettanto precisi. Noi qui ci occuperemo solo di quest'ultimo. Come suggerisce la denominazione "fotometria differenziale" quello che dobbiamo stabilire è la differenza di magnitudine fra la stella che stiamo studiando, di solito una variabile di cui non conosciamo la magnitudine, ed un'altra stella, che chiameremo "stella di confronto", di magnitudine nota ed ovviamente costante. Per sincerarci della costanza in magnitudine di quest'ultima osserviamo una terza stella che chiameremo "stella di controllo". Poiché facendo le osservazioni di queste tre stelle, il fotometro misura non solo le singole stelle ma, attorno ad esse, anche un'area circolare, vicino ad ogni stella dobbiamo anche fare una misura della stessa area al cui interno non vi siano però delle stelle. Questa misura la chiameremo "fondo cielo". Questa andrà poi sottratta dalla misura di ogni stella, levando così da questa, non solo la luminosità del cielo, ma anche quella luminosità (chiamiamola così) che si sviluppa all'interno del fotometro, la cosiddetta "corrente di buio".

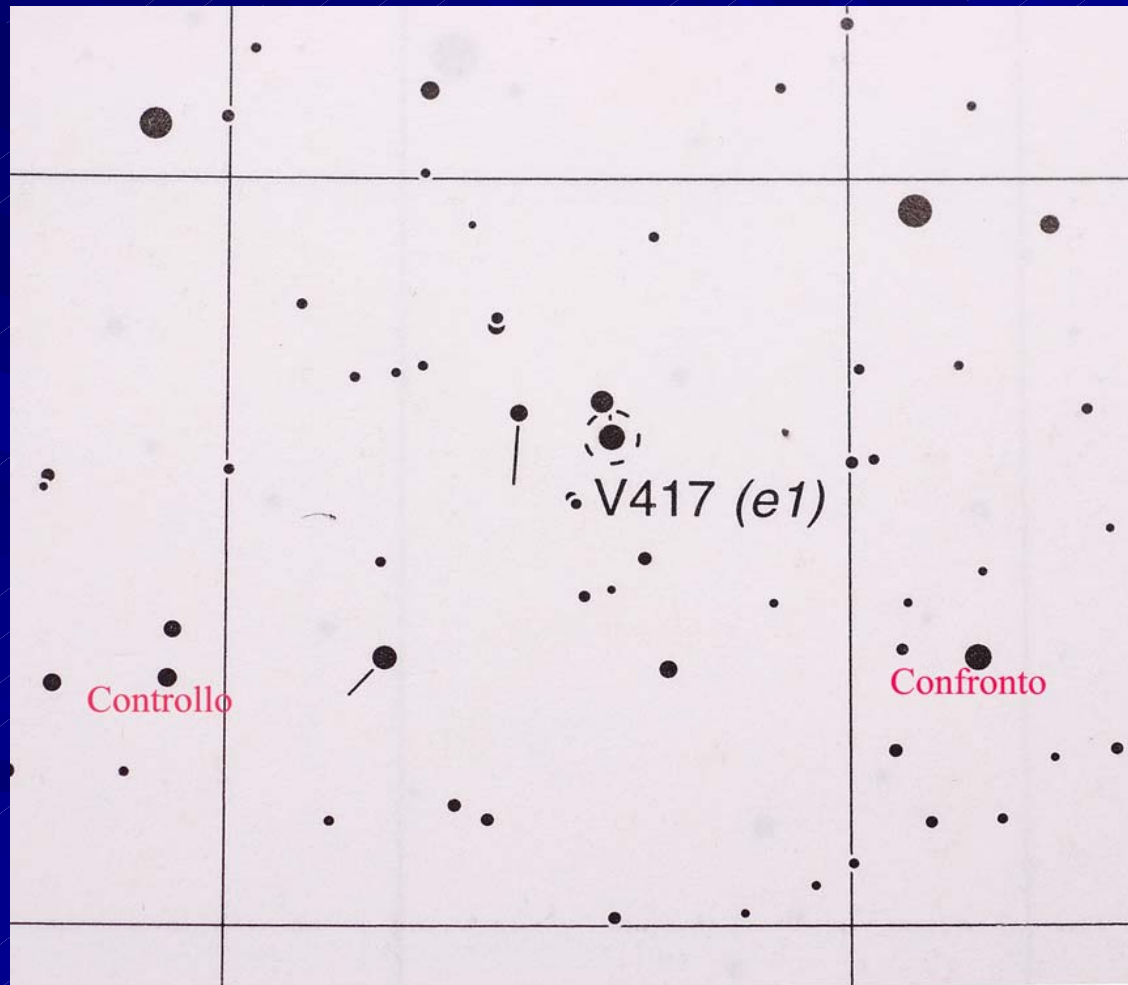
Variabile : V417 Aur Sp. A0  $B - V = 0,10$   
Confronto : HIP 24150  $mV = 7,88$   $B - V = 0,39$   
Controllo : HD 34077  $mV = 8,87$   $B - V = 0,23$

■ C = Stella di confronto

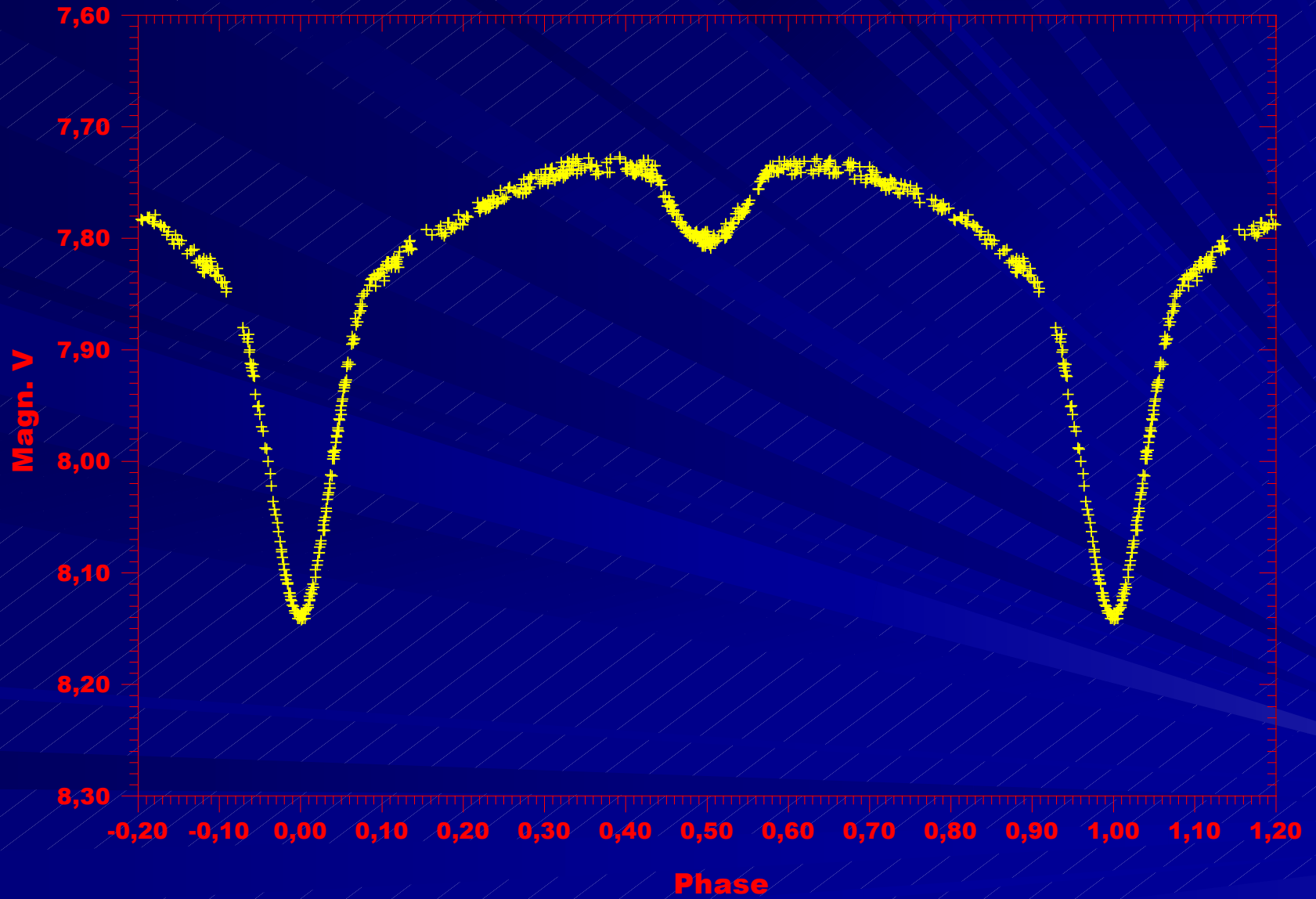
■ FC = Fondo cielo

■ V = Variabile

■ K = Stella di controllo



# V1898 Cyg Visual



# Accorgimenti per ottenere delle buone misure in Fotometria Fotoelettrica

- Evitare osservazioni di oggetti ad altezza inferiore a  $25^\circ - 30^\circ$  sull'orizzonte.
- Scegliere una stella di confronto ad una distanza max. dalla variabile di  $1^\circ - 1.5^\circ$ , di magnitudine e indice di colore simili.
- Il flusso luminoso delle stelle in esame deve essere ben maggiore, in termini di misura, rispetto al flusso luminoso del fondo cielo.

# V417 Aur 08/09 Marzo 2005

## Filtro V

C	1794	
20:25	1793	1792,33
	1790	
FC	543	543,00
	543	
V	2408	
20:29	2401	2404,33
	2404	
FC	542	543,50
	545	
C	1772	
20:30	1772	1777,67
	1789	
FC	540	540,00
	540	
V	2413	
20:32	2416	2415,67
	2418	
FC	543	543,00
	543	
C	1777	
20:33	1772	1775,33
	1777	
FC	543	543,50
	544	
K	1314	
20:35	1307	1309,25
	1305	
	1311	
FC	542	542,00
	542	
C	1791	
20:39	1777	1786,67
	1792	
FC	546	545,00
	544	

.....

## Filtro B

C	1202	
20:24	1203	1203,00
	1204	
FC	483	484,00
	485	
V	1572	
20:28	1575	1570,00
	1563	
FC	482	483,00
	484	
C	1200	
20:31	1196	1195,67
	1191	
FC	483	483,00
	483	
V	1575	
20:33	1577	1576,00
	1576	
FC	482	483,00
	484	
C	1195	
20:34	1197	1195,00
	1193	
FC	484	484,50
	485	
K	870	
20:36	874	871,50
	870	
	872	
FC	484	483,50
	483	
C	1208	
20:38	1198	1201,33
	1198	
FC	484	484,00
	484	

.....

# Riduzione dei dati in Fotometria Fotoelettrica

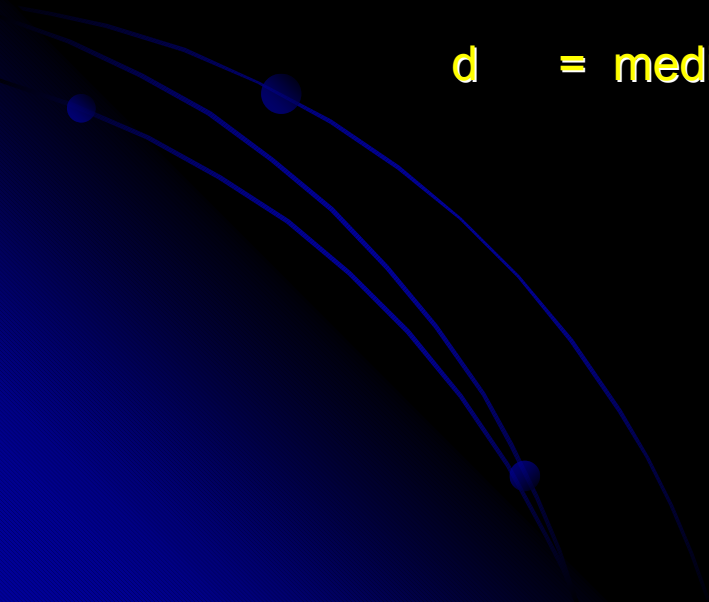
- Determinare la media aritmetica delle letture per ogni oggetto della sequenza osservativa .
- Sottrarre la media del fondo cielo dalla media di ogni stella .
- Trovare la magnitudine strumentale (  $m$  ) per ogni stella con la formula di Pogson.
- Trovare la magnitudine strumentale media della stella di confronto per le letture fatte appena prima e appena dopo le letture della variabile.
- Determinare la differenza in magnitudine strumentale fra la confronto e la variabile sottraendo dalla magnitudine della variabile la magnitudine media della stella di confronto.
- Applicare la correzione per l'estinzione.
- Applicare i coefficienti di trasformazione al sistema standard UBV .

# Formula di Pogson

$$m = - 2,5 \log d \quad (1)$$

log = logaritmo in base 10

d = media delle letture al netto del fondo cielo



# Riduzione dei dati in Fotometria Fotoelettrica

- Determinare la media aritmetica delle letture per ogni oggetto della sequenza osservativa .
- Sottrarre la media del fondo cielo dalla media di ogni stella .
- Trovare le magnitudini strumentali (  $m$  ) per ogni stella con la formula di Pogson.
- Trovare la magnitudine strumentale media della stella di confronto per le letture fatte appena prima e appena dopo le letture della variabile.
- Determinare la differenza in magnitudine strumentale fra la confronto e la variabile sottraendo dalla magnitudine della variabile la magnitudine media della stella di confronto.
- Applicare la correzione per l'estinzione.
- Applicare i coefficienti di trasformazione al sistema standard UBV .

# RIDUZIONE DATI FOTOMETRIA

Nome	4028	A.R.	Dec.	Magn. V	B-V		Delta B-V	
<b>Variabile</b>	<b>V417 Aur</b>	5,2256	35,65305556				-0,29	
<b>Confronto</b>	HIP 24150	5,186388889	35,35722	7,880	0,390			
<b>Check</b>	HD 34077	5,27278	35,32917	8,870	0,230		<b>Coeff.K1</b>	
<b>INPUT DATI</b>								0,25
	<b>Conf.1</b>	<b>F.C.</b>	<b>Var.</b>	<b>F.C.</b>	<b>Conf.2</b>	<b>F.C.</b>		
	1794,00	543,00	2408,00	542,00	1772,00	540,00	<b>Coeff.K2</b>	
	1793,00	543,00	2401,00	545,00	1772,00	540,00	0	
	1790,00		2404,00		1789,00			
							<b>Epsilon</b>	
							-0,047	
<b>Media</b>	1792,33	543,00	2404,33	543,50	1777,67	540,00		
<b>Data-Ora</b>	08/03/2005 20.25		08/03/2005 20.29		08/03/2005 20.30			

Delta m	<b>Delta M</b>
-0,437666165	<b>-0,4233</b>

<b>T.U. Elioc.</b>
<b>2453438,3120</b>

<b>X Confr.1</b>	<b>X Var</b>	<b>X Confr.2</b>
1,109753333	1,110819571	1,117805963

**Leggi Stelle**

**Correzione eliocentrica**

**Calcola Delta**

Magn. Strumentale v Stella Cfr	
mg(cofr1 V)	-7,741695819
mg(confr2 V)	-7,731509236
Media confr.1 - confr.2	-7,736602528

magVar v
-8,174268693
Variable

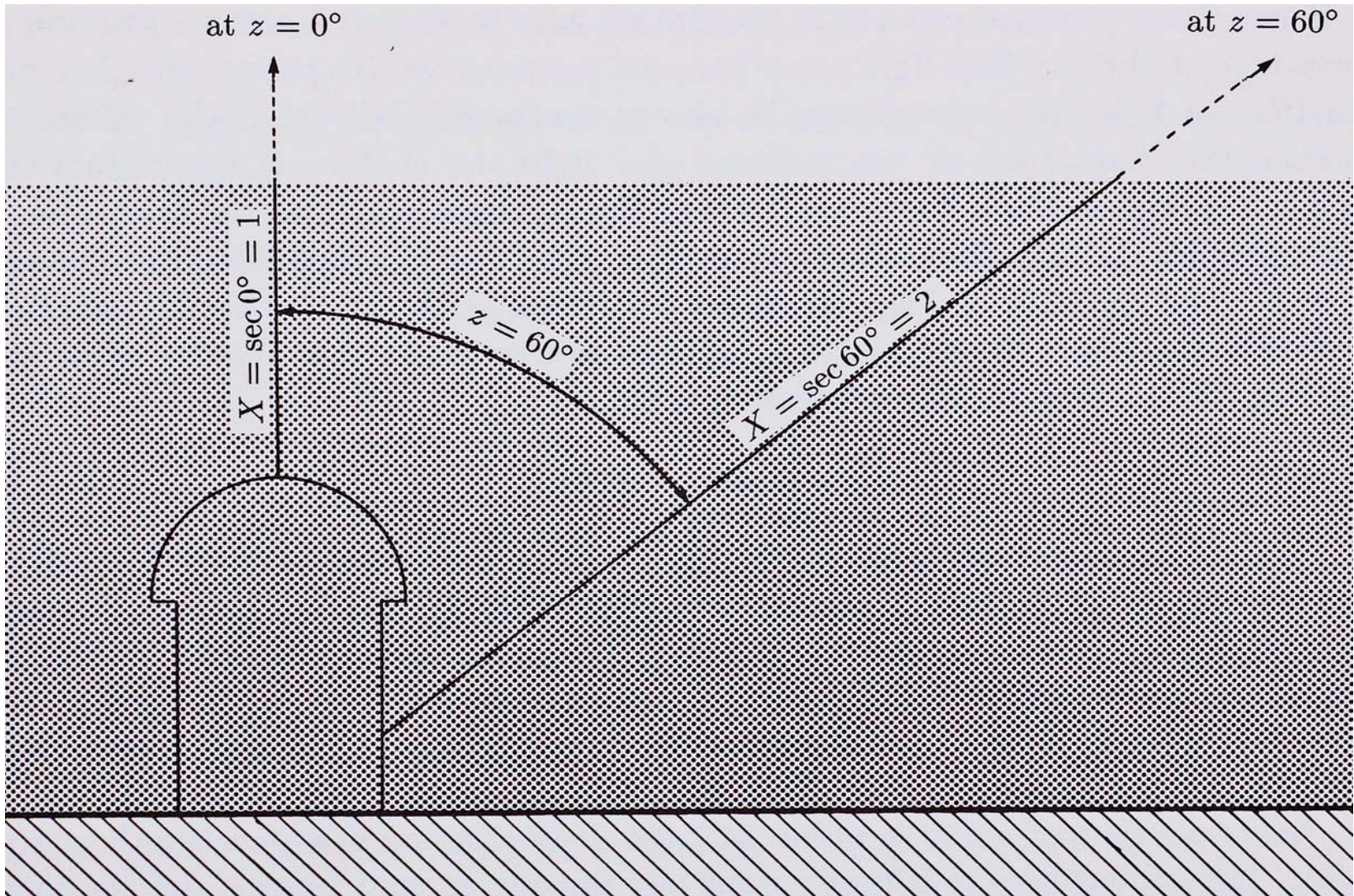
Senza Rall.  
2148,324665  
0,992841704  
2453438,312

Con Rall.  
2148,325425  
0,992841904  
2453438,313

**Correzione eliocentrica (rall Terra)**

T.U. Elioc.(Rall terra)

2453438,3128



$$X = \sec z$$

$X$  = massa d'aria

$z$  = distanza zenitale



# Correzione per Estinzione

Attraversando l'atmosfera la luce di una stella viene diffusa ed assorbita, subisce quindi una riduzione, chiamata **estinzione**. Essa dipende **dallo strato di atmosfera, chiamato anche massa d'aria  $X$ , dalla lunghezza d'onda della luce e dalla trasparenza dell'atmosfera.**

Poiché, al diminuire della distanza zenitale ( $z$ ) di una stella, diminuisce anche lo strato di atmosfera che la sua luce deve attraversare, l'altezza sull'orizzonte della stella che stiamo misurando assume un ruolo di grande importanza. Facendo fotometria su una stella di confronto e su una variabile che sono separate da  $1^\circ$  o più, l'estinzione agisce sulla loro luce in modo diverso, e questa differenza sarà tanto più marcata tanto più queste stelle sono distanti dallo zenit. Per questo si raccomanda di fare, possibilmente, fotometria su stelle ben alte in cielo.

Correggendo la magnitudine strumentale di una stella per l'estinzione otteniamo la sua magnitudine fuori atmosfera, che sarà:

$$m_o = m - k_\lambda X \quad (3)$$

# Correzione per Estinzione

Nella fotometria a banda larga come è quella fatta con il sistema Standard UBV si introduce una complicazione dovuta al fatto che i filtri usati non sono monocromatici. Il coefficiente d'estinzione  $k$  in una banda qualsiasi del sistema Standard sarà una media della curva di  $k$  verso  $\lambda$  presa nell'intervallo di lunghezza d'onda di quella banda. Poiché anche la luce di stelle di colore diverso viene assorbita in maniera diversa dall'atmosfera, in misura maggiore quella delle stelle più calde (blu) rispetto a quella delle stelle più fredde (rosse), dovremo considerare il coefficiente di estinzione  $k$  come composto da un coefficiente d'estinzione principale  $k'$  ed da uno che chiamiamo coefficiente di estinzione secondario  $k''$ , che dipende dal colore. Quindi il coefficiente di estinzione per una data banda del sistema UBV sarà:

$$k_{\lambda} = k'_{\lambda} + k''_{\lambda} \quad (B-V) \quad (3)$$

Un modo di calcolare il fattore di estinzione di una stella consiste nell'osservarla a varie altezze sull'orizzonte e quindi mettere nell'ordinata di un grafico la sua magnitudine strumentale ed in ascissa la relativa massa di aria  $X$ , che calcoliamo con la formula:

$$X = \sec z = (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h)^{-1} \quad (4)$$

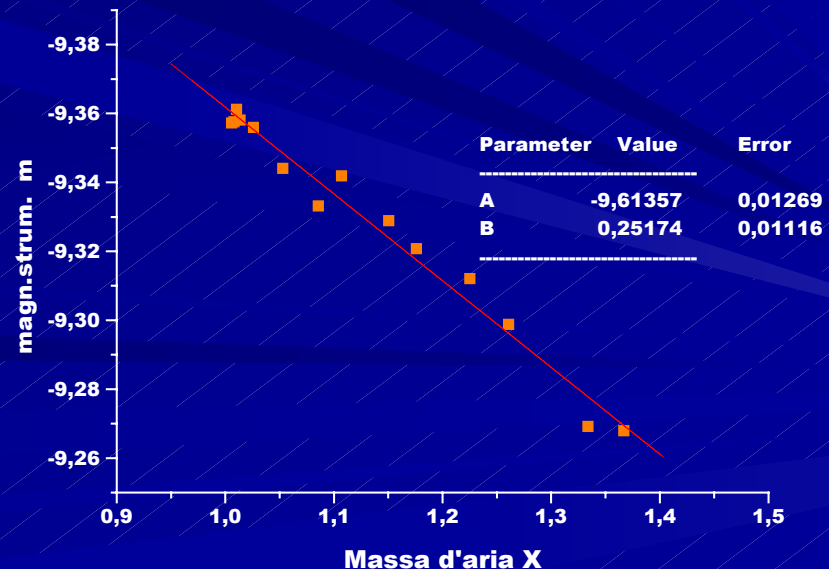
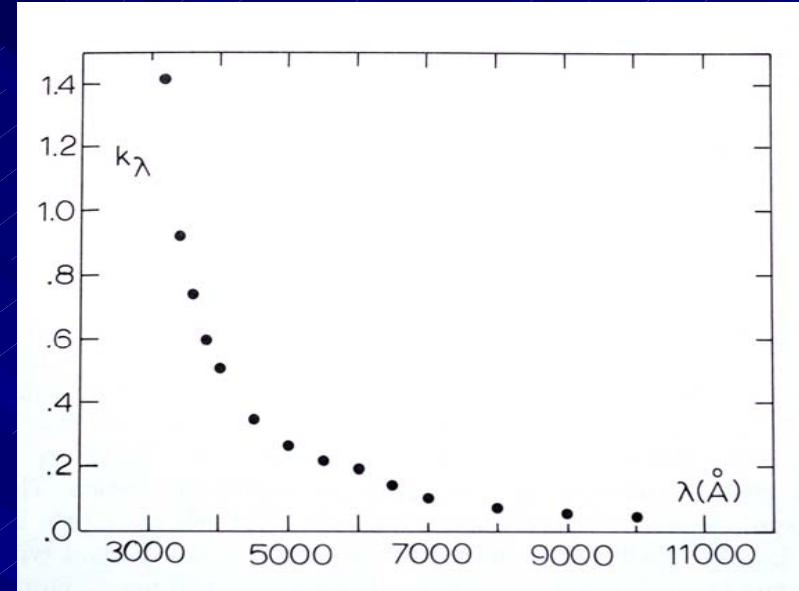
Dalla (3) abbiamo ora:

$$K'_{\lambda} = K_{\lambda} - k''_{\lambda} \quad (B-V) \quad (5)$$

Per il coefficiente di estinzione secondario non dovremo essere lontani dal vero usando:

$$k''_{vis} \cong 0,00$$

$$k''_{blu} \cong -0,03$$



# Riduzione dei dati in fotometria Fotoelettrica

$$m = -2,5 \log d \quad (1)$$

$$\Delta v = m_{(\text{var.})} - m_{(\text{media confronto})} \quad (2)$$

$$\Delta v_o = \Delta v - k'_v \Delta X - k''_v \bar{X} \Delta(B-V) \quad (6)$$

$$\Delta V = \Delta v - k'_v \Delta X - k''_v \bar{X} \Delta(B-V) + \varepsilon \Delta(B-V) \quad (7)$$

# Riduzione dei dati in Fotometria Fotoelettrica

Nell'esempio per calcolare i coefficienti  $\epsilon$  per il colore si è scelto di osservare in prossimità dello zenit, allo scopo di minimizzare gli effetti dell'estinzione, una decina di stelle di magnitudine standard di vario tipo spettrale, quindi con indici di colore molto diversi fra loro. La magnitudine standard di ognuna di queste stelle sarà :

$$V = v - kv'X - kv''X (B-V) + \epsilon (B-V) + Z_v \quad (8)$$

Per calcolare l'estinzione sono state usate 4 stelle di cui una osservata 5 volte a varie massa d'aria di tipo spettrale A0. La scelta di questo tipo di stelle appare subito evidente, riscrivendo la (8) come

$$V - v = - kv'X - kv''X (B-V) + \epsilon (B-V) + Z_v \quad (9)$$

Poiché per i primi tipi spettrali l'indice di colore (B - V) è prossimo a zero e il coefficiente  $\epsilon$  è un numero molto piccolo, il loro prodotto sarà estremamente piccolo, come pure prossima a zero nel visuale sarà l'estinzione secondaria. Così, con buona approssimazione l'equazione (9) diventa

$$V - v = - kv'X + Z_v \quad (10)$$

Un grafico di  $V - v$  verso  $X$  ci darà una retta la cui pendenza sarà  $- kv'$ . Siamo ora in grado di trovare la magnitudine fuori atmosfera  $v_0$  per ogni stella standard e l'equazione (8) diventerà ora

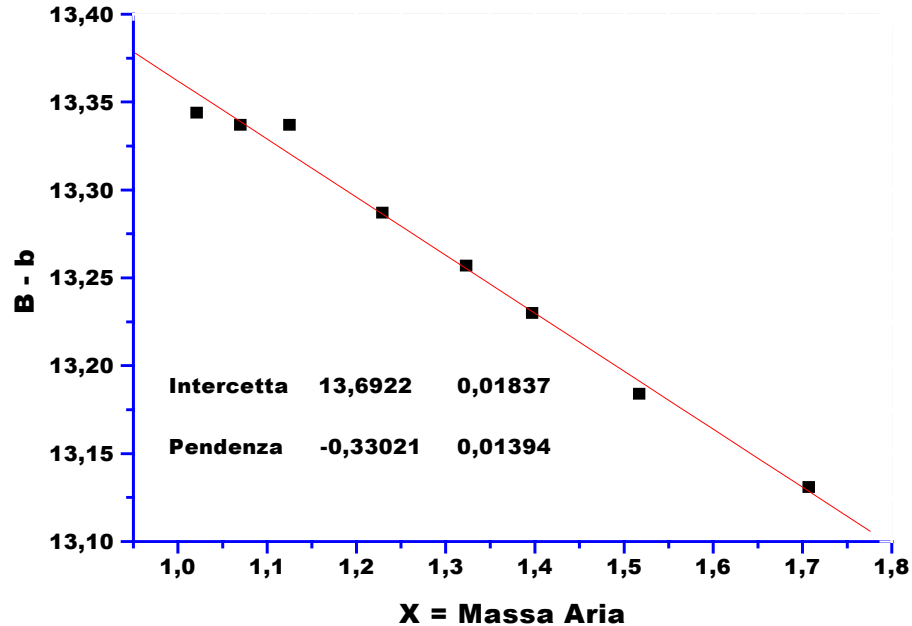
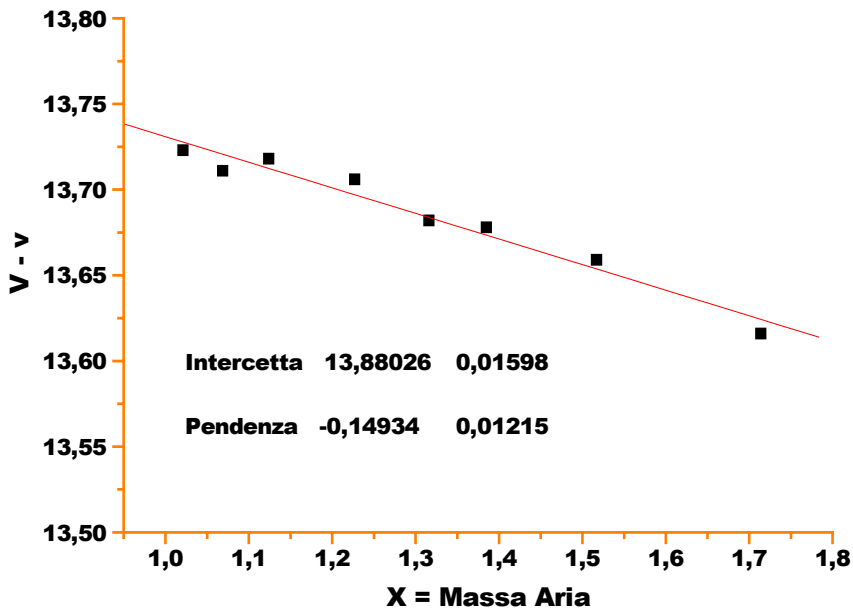
$$V - v_0 = \epsilon (B-V) + Z_v \quad (11)$$

Dove  $Z_v$  è il punto zero, vale a dire il valore della magnitudine standard  $V$  meno il valore della magnitudine fuori atmosfera  $v_0$  corretta per l'indice di colore.

Per determinare  $\epsilon$  è necessario mettere in grafico il  $V - v_0$  di ogni standard verso il rispettivo (B - V). La pendenza della retta risultante dalla regressione lineare sarà il valore di  $\epsilon$ , mentre l'intercetta a (B - V) = 0 sarà il punto zero  $Z_v$ .

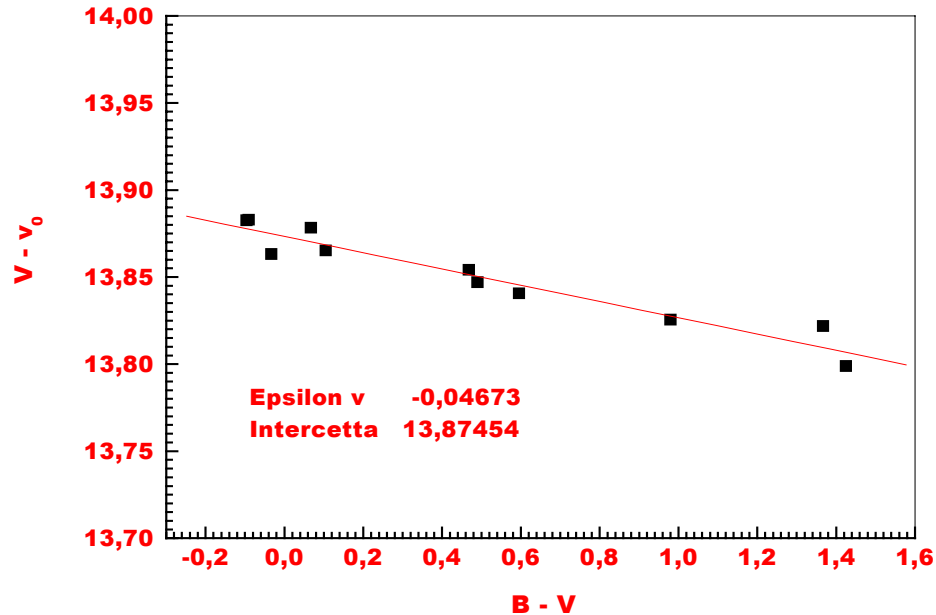
# COEFFICIENTE DI ESTINZIONE K

Stella	Magn. V	X	Magn. v	V - v	Magn. B	X	Magn. B	B - b
φ Gem	4,99	1,7140	- 8,626	13,616	5,08	1,7070	- 8,051	13,131
γ Tri	4,01	1,0688	- 9,701	13,711	4,04	1,0700	- 9,297	13,337
π Per	4,70	1,0210	- 9,023	13,723	4,76	1,0210	- 8,584	13,344
θ Cas	4,36	1,1240	- 9,358	13,718	4,53	1,1250	- 8,807	13,337
φ Gem	4,99	1,5170	- 8,669	13,659	5,08	1,5170	- 8,104	13,184
φ Gem	4,99	1,3850	- 8,698	13,678	5,08	1,3970	- 8,150	13,230
φ Gem	4,99	1,3160	- 8,692	13,682	5,08	1,3230	- 8,177	13,257
φ Gem	4,99	1,2270	- 8,716	13,706	5,08	1,2290	- 8,207	13,287



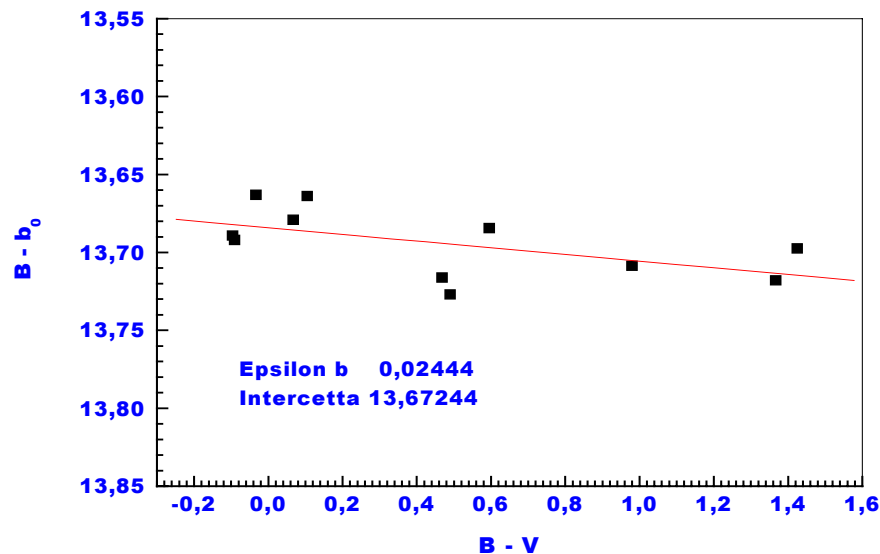
# Calibrazione epsilon v

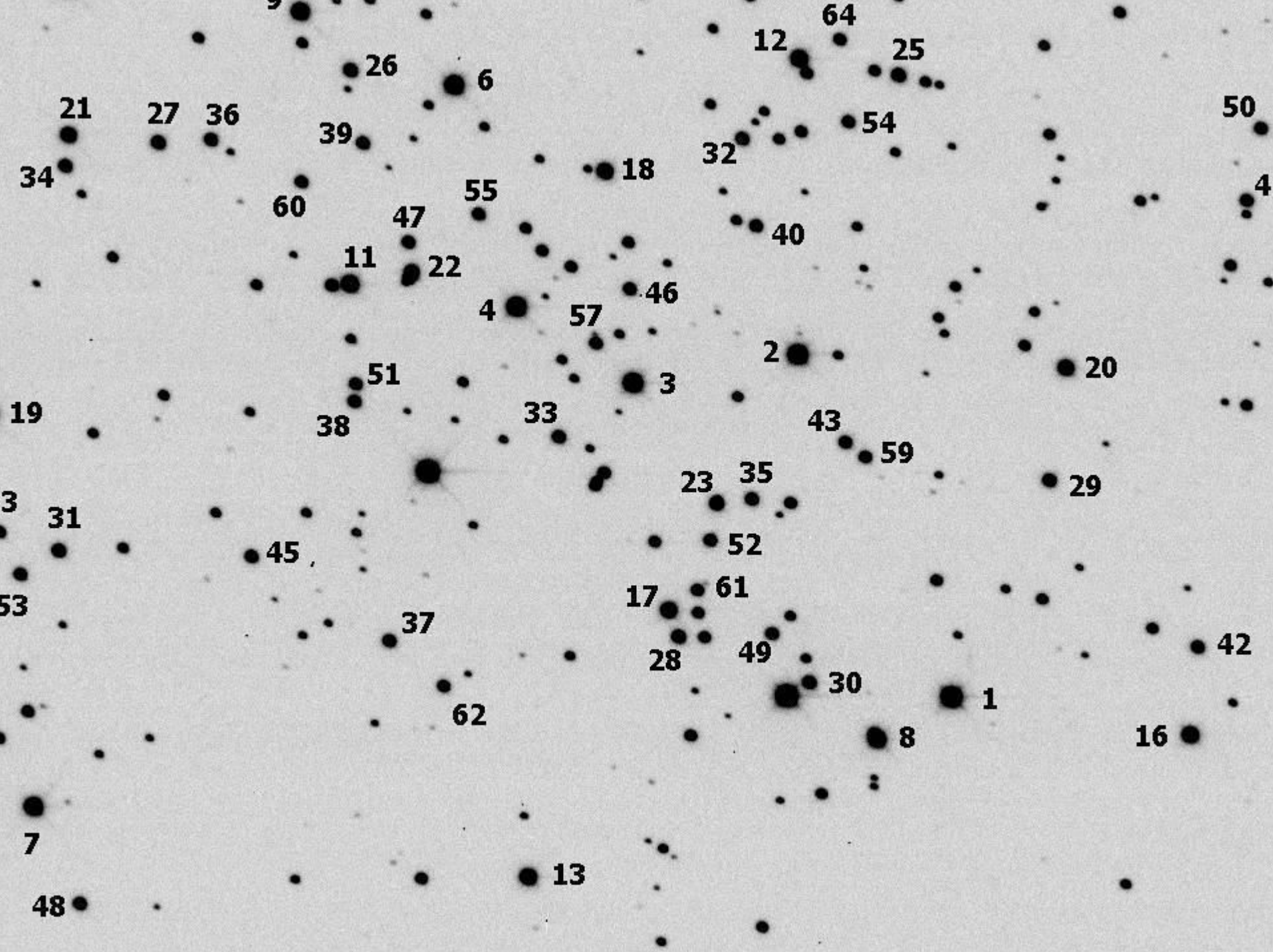
Stella	mV	B - V	X	mv	mv <sub>0</sub>	b - v	V-v <sub>0</sub>
Hip 16335	4,36	1,367	1,00965	-9,3110	-9,4618	1,6121	13,8218
Hip 16340	5,82	-0,033	1,01182	-7,8921	-8,0432	0,3512	13,8632
Hip 16275	7,67	0,105	1,01455	-6,0437	-6,1952	0,4869	13,8652
Hip 14632	4,05	0,595	1,02950	-9,6369	-9,7906	0,9188	13,8406
Hip 14914	6,32	1,425	1,04019	-7,3235	-7,4789	1,6704	13,7989
Hip 15669	5,94	0,468	1,04411	-7,7582	-7,9142	0,7799	13,8542
Hip 16147	4,99	-0,091	1,04133	-8,7374	-8,8929	0,2909	13,8829
Hip 16424	6,29	0,067	1,04097	-7,4328	-7,5883	0,4527	13,8783
Hip 16668	3,79	0,980	1,07512	-9,8750	-10,0356	1,2603	13,8256
Hip 14892	7,18	0,490	1,07681	-6,5062	-6,6670	0,7881	13,8470
Hip 16244	4,67	-0,096	1,04554	-9,0564	-9,2126	0,2897	13,8826



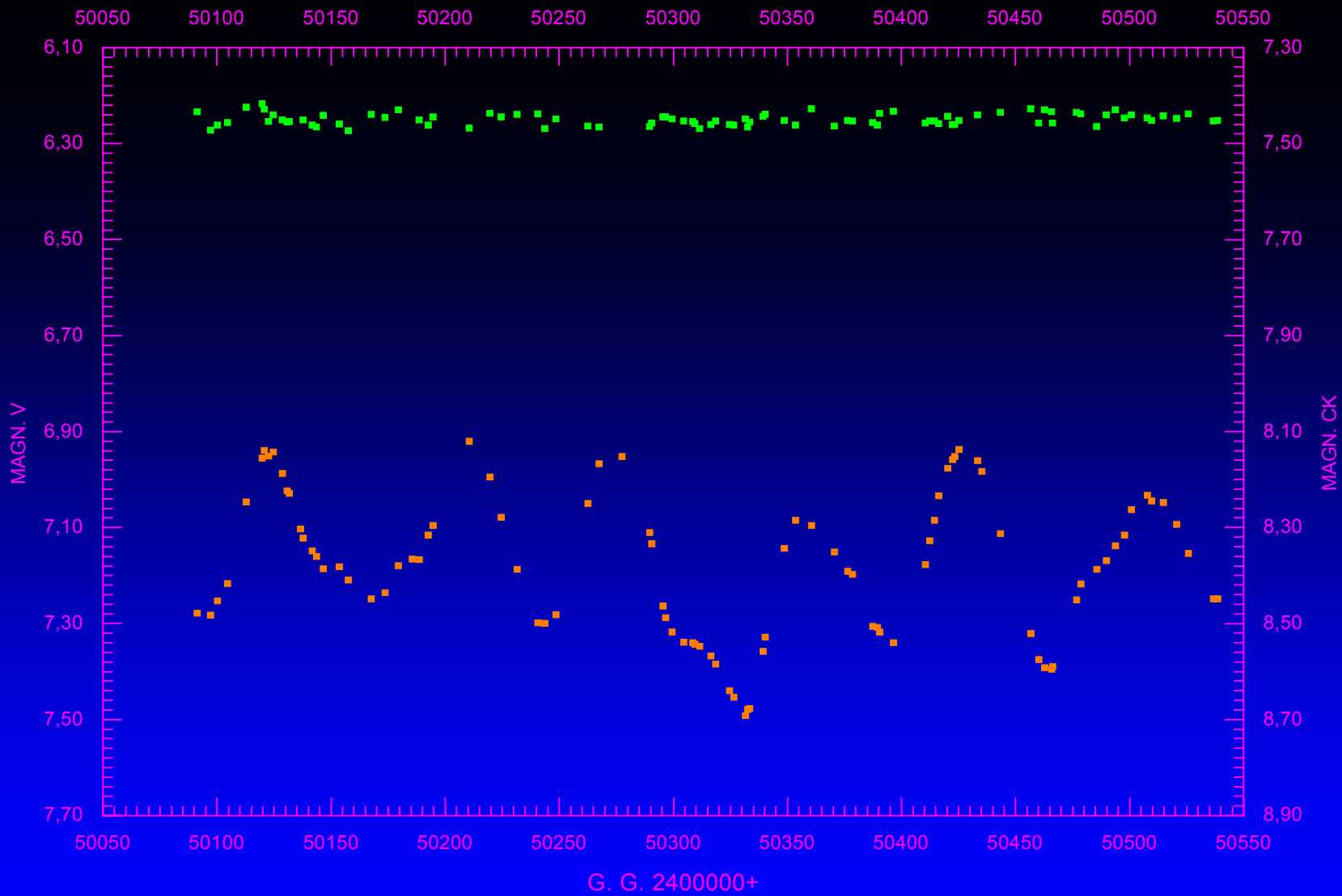
# Calibrazione $\epsilon_B$

Stella	mB	B - V	mb	X	mb <sub>0</sub>	b - v	B-b <sub>0</sub>
Hip 16335	5,727	1,367	-7,6989	1,01006	-7,9835	1,6121	13,7105
Hip 16340	5,787	-0,033	-7,5408	1,01228	-7,8644	0,3512	13,6514
Hip 16275	7,775	0,105	-5,5568	1,01506	-5,8771	0,4869	13,6522
Hip 14632	4,645	0,595	-8,7181	1,02875	-9,0294	0,9188	13,6744
Hip 14914	7,745	1,425	-5,6532	1,04107	-5,9448	1,6704	13,6898
Hip 15669	6,408	0,468	-6,9783	1,04322	-7,2984	0,7799	13,7064
Hip 16147	4,899	-0,091	-8,4466	1,04047	-8,7811	0,2909	13,6801
Hip 16424	6,357	0,067	-6,9801	1,04183	-7,3100	0,4527	13,6670
Hip 16668	4,770	0,980	-8,6148	1,07640	-8,9295	1,2603	13,6995
Hip 14892	7,670	0,490	-5,7181	1,07429	-6,0474	0,7881	13,7174
Hip 16244	4,574	-0,096	-8,7667	1,04645	-9,1031	0,2897	13,6771

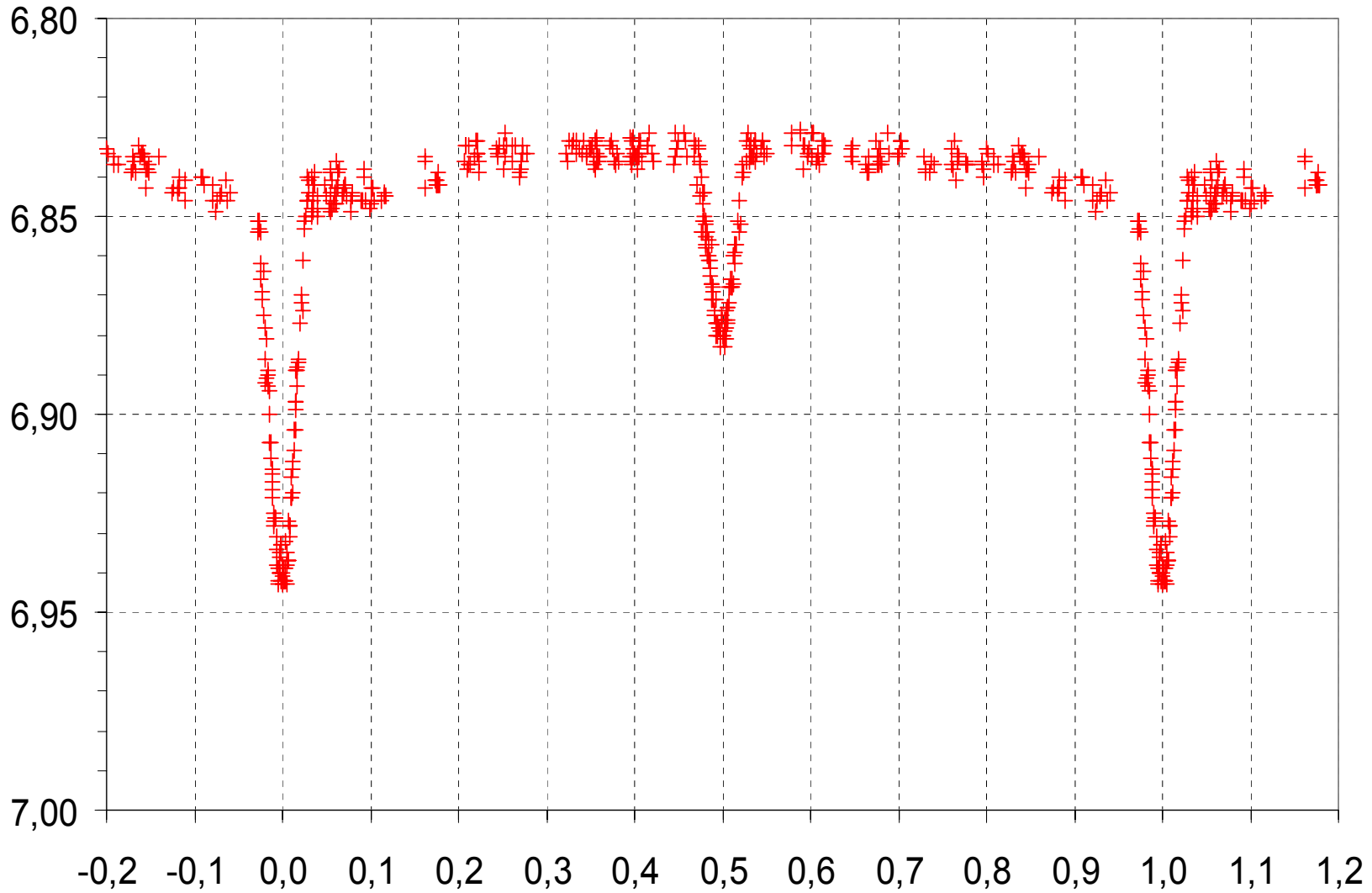




# FZ CEP VISUALE



# HD 23642 Visual



## Referenze:

- A. A. Henden, R.H. Kaitchuck: *Astronomical Photometry*.
- D. S. Hall, R. M. Genet: *Photoelectric Photometry of Variable Stars*.
- R. Monella: *Esperienze osservative di Fotometria Fotoelettrica*.  
Nuovo Orione – Novembre 1994
- B. H. Adams. *Data Reduction Techniques for Differential Photoelectric Photometry*. 1989 Kansas I.A.P.P.P. Symposium.