

1) Introduzione

Il sistema binario KV Cep è stato scoperto da Miller e Wachmann nel 1971. Gli autori (M.W.) pubblicarono una buona curva di luce fotografica di esso. Successivamente nessun'altra osservazione sembra esistere di questa stella.

Le sue caratteristiche principali sono le seguenti:

$$AR(1900) = 22^h 15^m 26^s.25 \quad DB(1900) = +55^\circ 19' 28''.3$$

$$\text{Max} = 14.05 \pm 0.01 \text{ mpg}$$

$$\text{Min 1} = 14.80 \pm 0.01 \text{ mpg} \quad \text{tipo EB}$$

$$\text{Min 2} = 14.29 \pm 0.01 \text{ mpg}$$

L'effemeride relativa al minimo principale è la seguente:

$$\text{Min 1} = \text{JD0 } 2433539.610 + 0^d.858823 * E$$

ottenuta in base a 7 minimi primari. Il tipo spettrale risulta a tutt'ora incognito, fatto questo certamente dovuto alla scarsa luminosità di questa stella. Gli elementi orbitali di questo sistema binario risultano ancora sconosciuti, di conseguenza lo scopo del presente lavoro sarà quello di analizzare la curva di luce disponibile al fine di ottenere la prima soluzione fotometrica di KV Cep.

2) Osservazioni

La curva di luce disponibile è composta da 25 punti normali ottenuti da M.W. in base a 358 lastre fotografiche. La lunghezza d'onda standard di osservazione può essere assunta essere: $\lambda_{eq} = 4250 \text{ \AA}$ tenendo presente il materiale fotografico usato.

La figura 1 riporta la curva di luce che costituisce la base del presente lavoro.

In base alle indicazioni di M.W. è noto che l'errore sul singolo punto normale dovrebbe essere di circa $\pm 0.03 \text{ mag}$.

3) Soluzione della curva di luce

Il sistema binario in esame appare essere composto da due stelle distorte, a giudicare dalla curva di luce, quindi la luminosità nei tratti fuori eclisse è stata approssimata mediante una serie trigonometrica del tipo:

$$I = \sum_{m=0}^{m=4} c_m \cos^m \theta \quad (1)$$

i cui coefficienti c_m sono stati ottenuti mediante il metodo dei minimi quadrati.

La tabella I mostra i coeff. c_m ottenuti nel caso della stella in esame.

Successivamente la curva di luce è stata ricondotta al modello sferico filtrando via gli effetti di prossimità rappresentati dalla (1), in base alla seguente relazione:

$$I(sfe) = I + I(\text{obs}) - I(\text{prox}) - \Delta I^* \quad (2)$$

nella quale $I(\text{obs})$ è la luminosità osservata, $I(\text{prox})$ è il contributo degli effetti di prossimità espressi mediante la (1) e ΔI^* sono le perturbazioni fotometriche, trascurate nel presente caso.

La soluzione della curva di luce al fine di ottenere gli elementi orbitali fotometrici è stata in questo caso ottenuta nel dominio temporale mediante computer in base ad un programma di "Curve-Fitting" recentemente messo a punto da Gaspari /3/.

Tale procedura sfrutta il metodo generalizzato dei minimi quadrati (G.M.L.S.) e lavora utilizzando le osservazioni originali o, come nel presente caso, i punti normali. La soluzione viene ottenuta in base ad un processo di ottimizzazione delle variabili G_1, G_2, K minimizzando la funzione $S(G_1, G_2, K, u_1, u_2)$ definita nel modo seguente:

$$S(G_1, G_2, K, u_1, u_2) = \sum_{j=1}^{j=N} ((\sin^2 \theta_j)_{\text{obs}} - (\sin^2 \theta_j)_{\text{calc}})^2 \quad (3)$$

dove: $G_1 = r_g^2 \text{cosec}^2 i$; $G_2 = \text{ctg}^2 i$; $K = r_s / r_g$

Il programma calcola automaticamente il miglior valore dei tre parametri o equivalentemente il miglior set di elementi orbitali unitamente ai loro errori medi.

Le tecniche usate sono quelle tipiche della ricerca operativa nel caso di programmazione non lineare nel senso dell'ottimizzazione di più variabili con vincoli.

Nell'applicazione di tale metodo alla curva di luce di KV Cep sono stati fissati i coefficienti di limb darkening u_1 e u_2 scegliendo per essi i valori medi:

$$u_1 = 0.50 \quad u_2 = 0.50$$

in quanto il tipo spettrale delle due stelle non è noto e quindi determinando la scelta ottimale dei parametri generando ogni volta la curva di luce sintetica, confrontandola con i punti normali osservati, fino a trovare il set di parametri che fittavano le osservazioni con il miglior accordo possibile.

Il tempo macchina impiegato è stato di circa 11 minuti compreso il calcolo dei coefficienti c_m precedentemente descritti.

Il computer usato è stato un Commodore C64 e il linguaggio è stato il BASIC 2 come è oramai di consuetudine.

Il risultato dell'elaborazione è riportato nella tabella I dove sono anche indicati i coefficienti c_m ottenuti dalla analisi dei punti normali fuori eclisse.

La curva di luce sintetica ottenuta in base agli elementi orbitali fotometrici è mostrata nella fig.1 sotto forma di tratto continuo.

4) Discussione

Prendendo in esame la curva di luce sintetica ottenuta e mostrata nella fig.1 si nota che il minimo secondario non è fittato in maniera soddisfacente.

Il motivo di tale discrepanza non è del tutto chiaro, ma si presume che le osservazioni nel minimo secondario non siano molto accurate. Tale fatto può trovare conferma anche osservando le durate dei due minimi che dalle osservazioni appaiono molto differenti, fatto questo piuttosto strano tenendo conto del breve periodo orbitale del sistema binario in esame.

Ad ogni buon conto i punti normali appartenenti al minimo secondario sono stati esclusi in fase di soluzione della curva di luce, solamente è stata usata la sua profondità.
Osservando i risultati ottenuti si nota che KV Cep non è un sistema a contatto infatti la somma dei raggi frazionali risulta essere:

$$r_1 + r_2 = .6589 < .75$$

Si nota anche che l'eclisse primaria è dovuta ad una occultazione parziale cioè la stella di maggior raggio appare essere la meno luminosa, ma la più evoluta.
In base a questi fatti si potrebbe ragionevolmente supporre che la stella maggiore riempia la sua superficie equipotenziale critica e che il tipo spettrale complessivo del sistema sia circa F o G.
In ogni caso nella presente situazione ogni ipotesi sul rapporto di massa e sull'attuale stadio evolutivo di KV Cep appare nettamente prematura.

5) Conclusione

Nel presente lavoro è stata ottenuta la prima soluzione fotometrica del sistema binario KV Cephei.
I risultati ottenuti sono buoni e forniscono un quadro abbastanza esauriente della situazione in cui la stella in esame si trova, tenendo anche conto della non eccessiva accuratezza delle osservazioni disponibili.
L'analisi di curve di luce di altri sistemi binari con orbita sconosciuta sarà l'argomento dei prossimi lavori.

A. Gaspani

6) Bibliografia

- /1/ Miller W.J., Wachmann A.A. : 1971, Ric. Astr. 8, N°12.
- /2/ Kopal Z. : 1982, Astr. Space Sci. 81, 411.
- /3/ Gaspani A. : 1984, da pubblicare.

=====
Tab.I: Elementi Orbitali Fotometrici
=====

$c_0 = 0.999793884$	
$c_1 = -0.0358019595$	$c_3 = 0.0268255707$
$c_2 = -0.2846721880$	$c_4 = 0.2491755020$

Min. 1 = Occultazione	$\lambda_{eq} = 4250 \text{ \AA}$
$u_1 = 0.50$ (assunto)	$u_2 = 0.50$ (assunto)
$r_1 = 0.2609 \pm 0.0014$	
$r_2 = 0.3980 \pm 0.0009$	
$i_1 = 76^\circ.9 \pm 0^\circ.2$	
$L_1 = 0.527 \pm 0.002$	
$L_2 = 0.473 \pm 0.002$	

=====

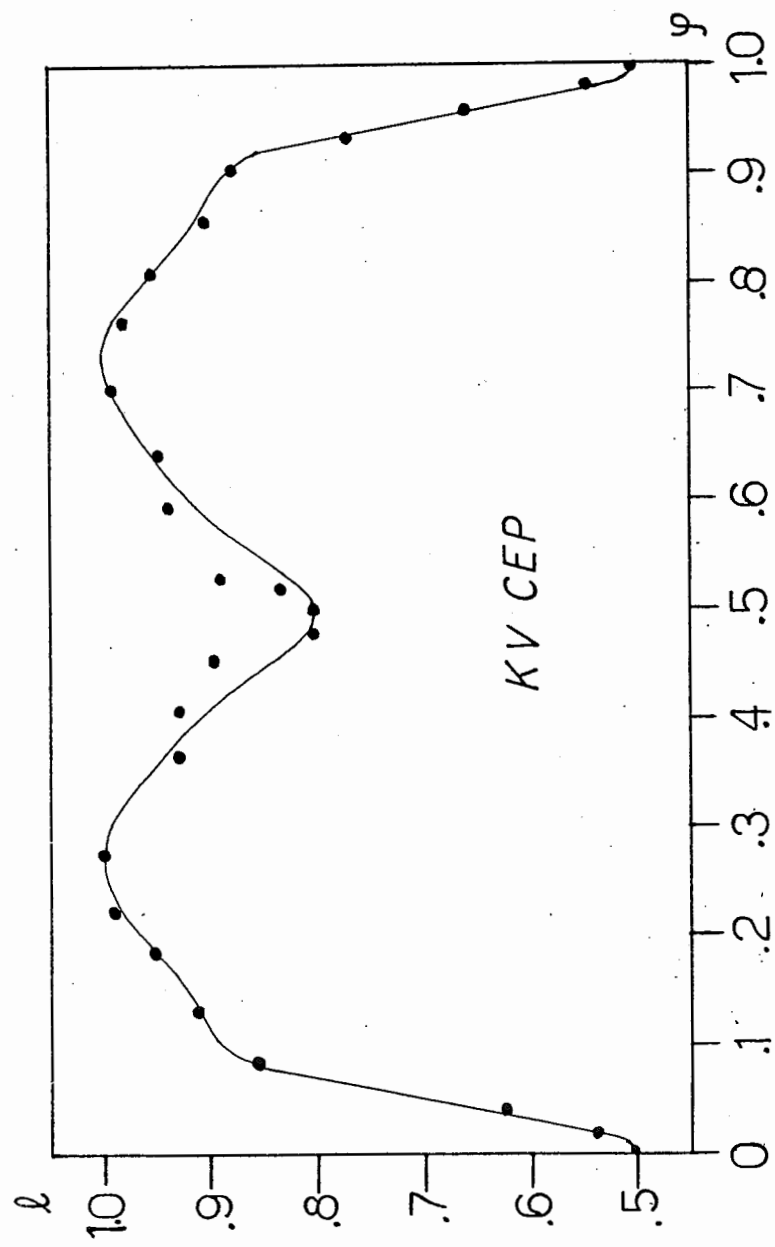


Fig.1: Curva di luce teorica (tratto continuo) plottata tra i dati sperimentali (punti pieni)