

RESUME: Delta Orionis a été observée à Bergame par 5 observateurs durant l'hiver 1979/80. Les 424 mesures obtenues ont permis de tracer la courbe de lumière moyenne de cette étoile (figure 1). L'amplitude de variation enregistrée est d'environ 0.3 mag.

On a relevé au minimum primaire un O-C important nécessitant de corriger l'éphéméride.

Comme la courbe de lumière apparaît assez déformée, il n'est possible de déterminer aucun des éléments orbitaux avec une précision satisfaisante. Toutefois on n'a pas pu s'empêcher de faire quelques hypothèses sur cet intéressant système binaire.

En utilisant les 17 déterminations disponibles de la valeur de l'excentricité orbitale et de la longitude du périastre, on a déterminé la loi qui exprime la variation de ω en fonction du temps grâce à la méthode des moindres carrés (figure 2).

On a également cherché l'explication la plus plausible du mouvement apsidal (de période 354 ans environ): la cause la plus probable est celle de l'effet de marée entre les deux composantes.

La valeur calculée pour le paramètre K_2 a révélé une anomalie, du même type que celles déjà mises en évidence par d'autres auteurs pour des systèmes stellaires similaires.

A) Introduzione

La stella in esame è una variabile ad eclisse visibile ad occhio nudo, la sua magnitudine al massimo è di 1.94 B secondo quanto riportato dal GCVS 69.

L'ampiezza di questa stella è piuttosto scarsa ed è riportata essere di .2 mag circa, il suo spettro è O9.5 III.

Sul GCVS 69 è indicata come una variabile ad eclisse probabilmente di tipo EA.

Le uniche tre curve di luce esistenti sono dovute a Stebbins (1911), Storer (1927) e a Current (1955).

Tutte le curve mostrano grosse distorsioni specialmente in prossimità del minimo secondario, soprattutto quella del 1955.

Da allora nessuna osservazione è stata eseguita.

L'effemeride disponibile in bibliografia è la seguente:

$$\text{Min I} = \text{MJD} 2419068.20 + 5^d.732476 * E \quad (1)$$

riportata dal GCVS 69.

Dal punto di vista spettroscopico si segnalano molti studi riguardanti tale stella. Gli elementi ottenuti non sono almeno in linea di massima, contraddittori fra loro, comunque dalla analisi di tutti questi lavori è emersa una indubbia variazione dell'angolo ω che porta alla evidente conclusione che l'orbita di δ Orionis ruota abbastanza velocemente.

Anche esaminando le tre curve di luce precedentemente indicate è possibile notare una notevole traslazione del minimo secondario chiara conferma della presenza del moto apsidale in questo sistema.

Uno degli scopi del presente lavoro è la interpretazione della variazione della longitudine del periastro del nodo ascendente. Un altro degli scopi della osservazione di questa stella è il controllo della effemeride la quale avrebbe potuto subire variazioni sia a causa del moto apsidale, sia a causa della eventuale instabilità del sistema rivelata dalla presenza di materia tra le due componenti, inoltre anche la propagazione degli errori avrebbe potuto influire in maniera apprezzabile.

B) Osservazioni

Le osservazioni di δ Orionis coprono praticamente i mesi di novembre, dicembre e gennaio 1979-80.

Esse iniziarono a fine ottobre 1979 con la finalità di ottenere una buona curva di luce di questa stella.

La scarsa ampiezza e il periodo lungo rappresentarono logicamente delle difficoltà dal punto di vista osservativo per ottenere delle buone determinazioni di minimo ed una buona copertura su tutto il periodo.

La sua visibilità ad occhio nudo fu una ulteriore difficoltà in fase di stima però rese tale stella in apparenza facile da osservare e quindi fu ben accolta anche da altri osservatori.

Inizialmente, dopo circa una settimana di osservazioni apparve chiaramente che la stella presentava una discesa al minimo del tutto non prevedibile con la effemeride (1) infatti la discesa si presentava a circa $\varphi = .10$ dopo la data del minimo prevista.

Questo fatto mi spinse a tenere sotto controllo δ Orionis e a proporla ad altri osservatori.

Risposero all'appello, oltre allo scrivente, altri 4 osservatori e in totale fu possibile raccogliere 424 misure, tutte utilizzabili in fase di costruzione della curva di luce.

Le misure raccolte sono così ripartite:

osservatore	località	N° misure
Gaspari A.	BG	319
Paganelli P.	BG	55
Paganelli S.	BG	24
Simonetti F.	PD	17
Bertasa A.	BG	8
altri oss.	BG	1

La sequenza di confronto usata è stata la seguente:

Stella	mag.V	spettro
ϵ Ori	1.75	B0
ζ Ori	2.05	B0
σ Ori	3.78	O9
δ Ori	var	O9.5

C) Discussione

La riduzione delle 424 misure ottenute è stata effettuata nel seguente modo.

Innanzitutto non è stata eseguita alcuna normalizzazione sulle ampiezze registrate dai vari osservatori in quanto non sono state riscontrate grandi differenze fra osservatore ed osservatore.

Siiccò il periodo di δ Orionis è piuttosto lungo e le misure sono state effettuate ad intervalli piccoli se rapportati alla lunghezza del periodo si è convenuto di effettuare una prima elaborazione delle misure stesse eseguendo delle medie serali in maniera da compensare gli errori di osservazione.

Le medie così ottenute sono state trattate come misure singole nella successiva elaborazione dei dati operando normalmente al fine di ottenere il compositage delle osservazioni.

A causa della notevole lentezza di variazione, l'osservazione dei minimi è stata notevolmente difficoltosa, inoltre a causa del fatto che non era noto dove sarebbe caduto esattamente il minimo e tenendo conto che esso dura circa 25 ore si è riusciti ad ottenere solamente una determinazione accurata dell'istante di minimo primario.

Le osservazioni si riferiscono alla notte fra il 3 e il 4 dicembre 1979 e l'istante di minimo primario ottenuto è risultato essere il seguente:

$$JD_0 = 2444\ 211.488 \pm .055$$

ottenuto col metodo poligonale.

Tenendo conto della effemeride (1) precedentemente indicata si giunge ad ottenere un (O-C) di $.65 \pm .05$ giorni.

Tale valore dell'(O-C) è evidentemente anomalo e indica che è necessario correggere l'effemeride.

Poichè è stato osservato un solo minimo in maniera sufficientemente precisa è stato necessario assumere che non vi sia stata variazione del periodo.

A questo punto è possibile costruire una nuova effemeride che meglio approssima la evidenza osservativa.

Tale effemeride è la seguente:

$$\text{Min } 1 = JD_0\ 2444\ 211.49 + 5^d \cdot 732476 \cdot E \quad (2)$$

$$\pm 5$$

Tale effemeride è quella utilizzata in fase di costruzione del compositage che è mostrato in fig.1, mentre la tabella relativa ad esso è la tab.I.

Tale compositage è costituito da 18 punti normali ottenuti con i metodi precedentemente descritti.

Dall'esame della curva di luce ottenuta si nota subito che essa presenta le seguenti caratteristiche:

$$\text{Max} = 2.45 \text{ mag.}$$

$$\text{Min } 1 = 2.78 \text{ mag.}$$

$$\text{Min } 2 = 2.75 \text{ mag.}$$

Il minimo secondario si presenta traslato rispetto alla fase $\psi = .5$.

Dalla analisi del minimo medio risulta che esso è ubicato a fase

$$\psi = .54 \pm .01 \text{ segno evidente che l'orbita è ellittica.}$$

La curva di luce ottenuta mostra una ampiezza di variazione che oltre ad essere scarsa è anche poco sicura a causa del fatto che tale curva è stata ottenuta visualmente.

La bassa ampiezza provoca una non unicità della soluzione formale della curva, di conseguenza nulla di sicuro può essere detto sulle dimensioni dei raggi e sulla inclinazione dell'orbita.

L'unico parametro che la curva ottenuta ci permette di determinare è la semidurata della eclisse primaria che risulta essere:

$$D = 0.08 \cdot P$$

Con questo dato a disposizione è possibile solamente formulare qualche ipotesi sulla struttura di δ Orionis.

Se il sistema è di tipo staccato allora si può senz'altro assumere valida la soluzione data da Stelbins, cioè la seguente:

$$\begin{cases} r_1 = .38 \\ r_2 = .23 \\ i = 65^\circ \end{cases}$$

Se invece il sistema presenta una delle due componenti a contatto il valore del raggio frazionale della stella principale è legato al valore della inclinazione orbitale assunta.

Le possibili soluzioni sono mostrate dalla seguente tabella:

i	r_1
65°	.306
60°	.350
55°	.396
50°	.441

il valore di r_2 è stato ottenuto assumendo valido il rapporto di massa indicato da Luyten & coll..

Tale valore è $q = .38$ e il valore ottenuto per r_2 è $r_2 = .297$. Nel caso invece che sia la componente più massiva ad essere in contatto otteniamo per r_1 il valore: $r_1 = .464$ e per r_2 quanto riportato dalla seguente tabella.

i	r_2
65°	.139
60°	.183
55°	.229
50°	.274

In entrambi i casi l'inclinazione orbitale non supera i 65°.

Nel caso, invece, che entrambe le componenti siano a contatto si ha la seguente soluzione unica tenendo conto del rapporto di massa assunto.

$$\begin{cases} r_1 = .464 \\ r_2 = .297 \\ i = 47^\circ.5 \end{cases}$$

Il valore dell'inclinazione orbitale ottenuto è ancora sufficientemente alto per permettere al sistema di mostrare eclissi.

Nota absidale

Dalla analisi della bibliografia disponibile si possono ricavare 17 determinazioni del valore dell'angolo ω .

Tali determinazioni sono rispettivamente 13 ricavate da studi spettroscopici e 4 ricavate dalla curva di luce.

Dall'esame di questi 17 valori risulta evidente un incremento di ω col passare degli anni nonostante la notevole dispersione delle misure ottenute.

La figura 2 riporta i valori disponibili di ω in funzione del tempo, in ascissa sono riportati gli istanti di passaggio al periastro indicati nei vari lavori.

Con i dati a disposizione si è determinata la legge di varia-

zione di ω col tempo, col metodo dei minimi quadrati, che è risultata essere la seguente:

$$\omega(t) = .0177 (t - 1903.815) \quad (3)$$

con ω espresso in radianti.

Tale legge di variazione ci porta ad affermare che la rotazione completa della linea dei nodi si compie in 354.02 anni.

Rimane ora da cercare di determinare la causa della rotazione dell'orbita di questa stella.

Assumendo:

$$\begin{cases} m_1 = 26 M_{\odot} & r_1 = .38 \\ m_2 = 10 M_{\odot} & r_2 = .23 \end{cases} \quad (\text{Luyten \& Coll.})$$

e un valore medio della eccentricità orbitale di $\bar{e} = .095$ si è ottenuto che le uniche due cause in grado di giustificare una rotazione dell'orbita di quella entità sono l'effetto di trascinamento mareale e l'ipotesi della presenza di un terzo corpo.

Con i dati a disposizione risulta che l'effetto relativistico produrrebbe una rotazione completa in circa 3025 anni, mentre l'ipotesi di un terzo corpo (uno in più a quelli già esistenti e che fanno parte del sistema multiplo δ orionis) risulta poco accettabile.

Rimane l'effetto di trascinamento mareale che dipende in maniera determinante dal parametro medio di condensazione centrale delle due componenti \bar{K}_2 .

Utilizzando l'equazione (3) ottengo per \bar{K}_2 il valore di:

$$\bar{K}_2 = .0005$$

che risulta altamente anomalo tenendo conto che per i tipi spettrali O, B in generale si hanno valori dieci volte superiori a quello ottenuto nel presente studio.

Tale fatto potrebbe essere spiegato ammettendo che la componente secondaria di δ orionis non sia ne meno lei di sequenza principale, però ogni ipotesi è ben lontana dal non essere approssimativa.

Possiamo però tener presente che un fenomeno analogo si verifica nel caso di V380 Cyg la quale possiede anch'essa delle componenti di massa notevole e dei primi tipi spettrali per cui potrebbe succedere che la discrepanza trovata anche in questo caso sia significativa.

E' anche necessario considerare che il valore di \bar{K}_2 ottenuto risente moltissimo della incertezza sui raggi frazionali che nel caso di δ orionis non sono ancora noti con un sufficiente grado di precisione.

Tab. I composizione di δ Orionis

fase	n	mag.	fase	n	mag.
0.000	20	2.775	.435	28	2.510
.025	22	2.660	.499	26	2.640
.055	24	2.485	.560	24	2.745
.115	24	2.475	.595	26	2.593
.162	16	2.515	.655	21	2.465
.215	26	2.391	.715	25	2.421
.253	21	2.415	.810	23	2.500
.310	23	2.425	.900	26	2.460
.365	28	2.470	.950	21	2.615

D) Conclusione

Nel presente lavoro si è riportata una nuova effemeride per il sistema binario δ orionis, però ancora non è possibile dire a quale classe tale sistema appartenga.

Infatti assegnarlo il tipo EA può rivelarsi azzardato, mentre il tipo EB forse lo si addicherebbe in misura maggiore.

Le distorsioni registrate nella curva di luce potrebbero essere sintomatiche della presenza di materia circumstellare, inoltre dal punto di vista della variazione luminosa il sistema potrebbe somigliare a quello di β Lyrae, in ogni caso nulla si può dire nemmeno con una certa approssimazione.

Non è possibile nemmeno tentare una analisi qualitativa in quanto la incertezza sui raggi frazionali porterebbe ad una cattiva determinazione delle costanti C che ci potrebbero indicare se il sistema è staccato o no.

Per quanto riguarda il moto absidale, ne è stata indicata la legge di variazione, che permette di presdire i valori futuri di ω anche se soltanto con una certa approssimazione.

In ogni caso sarà necessaria una successiva stagione osservativa dedicata a δ orionis al fine di raccogliere nuovi e più precisi dati.

Adriano Gaspari

Bibliografia

- Batten A. H. D.A.O. Pubb. 13, F
 "Binary and multiple System of Stars"
 Ap.J. 19, 268, 1904
 Hnatek A. A.N. 213, 17, 1920
 Jordan F.C. Pubb. Allegheny Obs. 3, 125, 1914
 Kopal Z. "Close Binary System"
 Luyten & coll. Pubb. Yerkes Obs. 7, pt.IV, 256, 1939
 Miczaika G.R. Z. Ap. 30, 299, 1951
 Pismis & coll. Ap.J; 111, 509, 1950
 Worley C. E. P.A.S.P. 67, 30, 1955

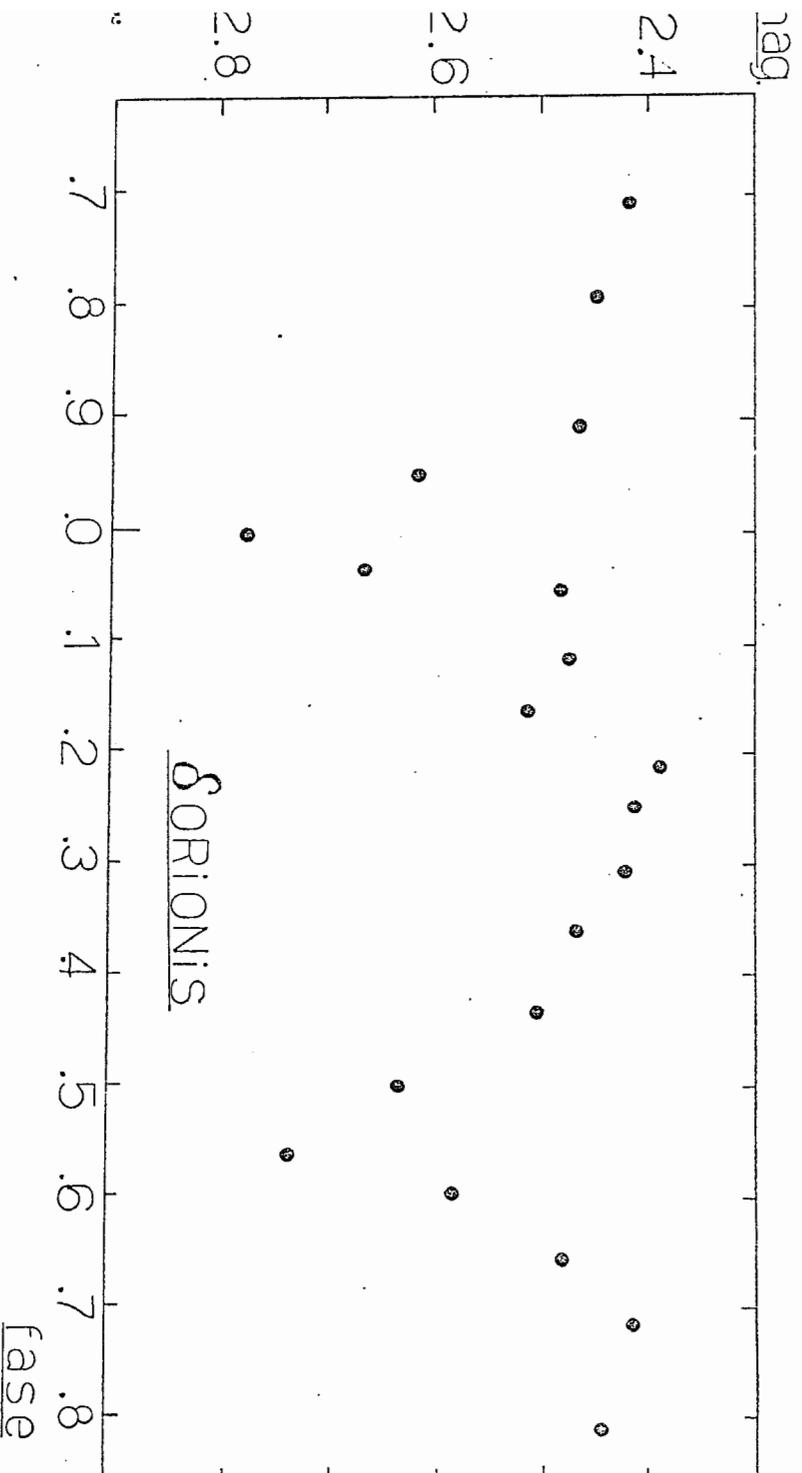


fig.1

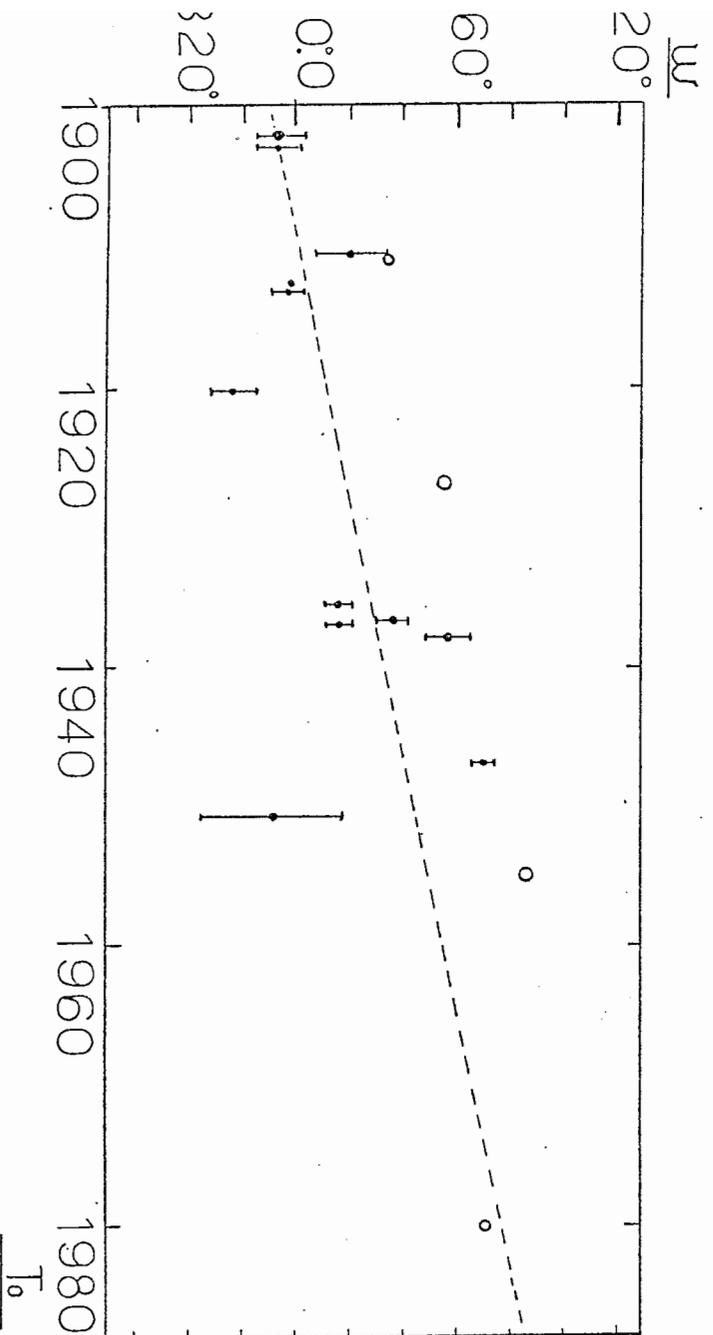


fig.2

○ photometric data
● spectroscopic data