

OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI TRIESTE

247

G. ROMANO

Osservazioni fotografiche e studio
della cefeide X Cygni

ITERGRAFIA O.A.T. - TRIESTE 1951

RIASSUNTO

Con un equatoriale fotografico di 80 mm e' stata eseguita una serie di fotografie (18 in luce blu, 15 in luce gialla) della Cefeide X Cygni. Dalle curve di luce fotografica e fotovisuale si sono ricavati i valori degli indici del colore relativi a ciascun valore intero della fase e nell'ipotesi che l'astro irradi come un corpo nero sono state determinate le conseguenti temperature del colore.

Si e' quindi concluso che la X Cygni appartiene al tipo classico di Cefeidi a periodo medio, che l'indice del colore varia da $+1^m.06$ a $+0^m.45$ e che i valori estremi della temperatura sono 4050°K e 6220°K corrispondenti approssimativamente ad una variazione spettrale da G4 ad F5.

ABSTRACT

With a photographic equatorial of 80 mm a series of pictures was taken (18 in blue light, 15 in yellow light) of the Cepheid X Cygni. From the curves of photographic and photovisual light the values of the colour indices referring to each whole value of the phase were deduced and on the hypothesis that the star may radiate as a black body, the resulting temperatures of the colour were determined.

Therefore we have concluded that the X Cygni belongs to the classical type of Cepheids with middle period, that the colour index varies from $+1^m.06$ to $+0^m.45$ and that the extreme values of temperature are 4050°K and 6220°K corresponding to a spectral variation from about G4 to F5.

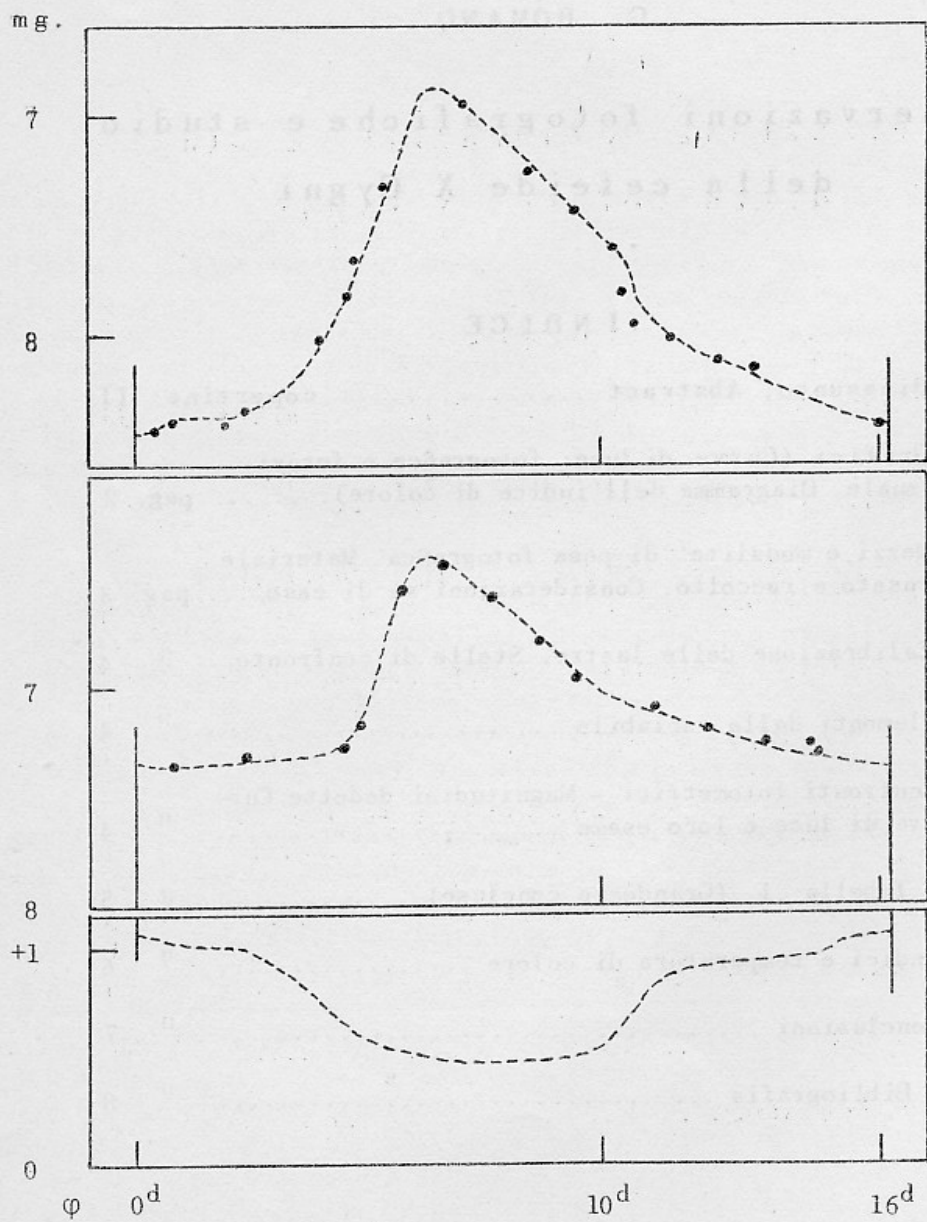
G. ROMANO

Osservazioni fotografiche e studio
della cefeide X Cygni

INDICE

Riassunto, Abstract	copertina	II
Grafici (Curve di luce: fotografica e fotovi- suale. Diagramma dell'indice di colore).....		pag. 2
1. Mezzi e modalita' di posa fotografica. Materiale usato e raccolto. Considerazioni su di esso....		pag. 3
2. Calibrazione delle lastre. Stelle di confronto..	"	4
3. Elementi della variabile	"	4
4. Confronti fotometrici - Magnitudini dedotte. Cur- ve di luce e loro esame	"	4
Tabella I (Grandezze concluse).....	"	5
5. Indici e temperatura di colore	"	6
6. Conclusioni	"	7
Bibliografia	"	8

Curve di luce: fotografica e fotovisuale
e diagramma dell' indice di colore



1. Dal Giugno 1950 al Giugno 1951 sono state prese 33 lastre della regione attorno alla stella ϵ Cygni con lo scopo di osservare l'andamento di luce della variabile 203935 X Cygni e di altre stelle variabili che compaiono nella stessa zona.

Tutte le fotografie sono state prese dallo scrivente eccetto la N.43 guidata dal sig. S. Andreatta. E' stato usato un obiettivo fotografico Voigtlander di 80 mm d'apertura e di 200 mm di fuoco montato su una cassetta porta lastre ed ha servito di guida un cannocchiale di 60 mm d'apertura e di 240 mm di fuoco. La guida e' sempre stata fatta a mano seguendo costantemente a mezzo di un movimento equatoriale, una stella per tutto il corso della posa. Le fotografie ottenute sono riuscite quasi tutte buonissime eccetto qualcuna leggermente sfocata; le immagini stellari sono riuscite sempre perfettamente rotonde eccetto ai bordi del campo in cui appaiono deformate dal coma dell'obiettivo causato dal forte rapporto focale ($R = 1 : 2.5$).

Il materiale fotografico usato e' stato:

- a) Lastre Cappelli ultra sensibili (etichetta blu)
- b) Lastre Cappelli orto studio (etichetta viola) e Gevaert super ortho.

Dalle curve di sensibilita' cromatica del materiale fotografico usato, gentilmente fornitemi dalla ditta Ferrania, ho potuto constatare che l'emulsione ultra sensibile ha una sensibilita' massima attorno a $4700 \text{ \AA}$; ritengo pero' che la lunghezza d'onda effettiva di tale emulsione sia minore, dato che, per la legge dello spostamento di Wien, essa si sposta verso le minori lunghezze d'onda a causa della maggiore temperatura delle atmosfere stellari a confronto di quella, certamente minore, con la quale son state determinate tali curve di sensibilita' cromatica. Credo quindi di poter assumere come λ_{eff} di tale tipo di lastre: $4400 \text{ \AA}$, come del resto appare anche da un lavoro eseguito dalla dott. M. Viaro. (1) Le grandezze ottenute con queste lastre si possono quindi ritenere fotografiche.

L'emulsione delle orto-studio presenta, dalle predette curve, un massimo in corrispondenza di $5500 \text{ \AA}$. Il filtro giallo usato, che viene anteposto alla lastra, - come e' risultato da un esame fatto con un semplice spettroscopio - esclude le radiazioni di lunghezza d'onda inferiori a circa $5000 \text{ \AA}$. La combinazione lastra-filtro permette quindi di selezionare una ristretta regione spettrale che va da circa $5000 \text{ \AA}$ a circa $5700 \text{ \AA}$. Si puo' quindi ritenere $5500 \text{ \AA}$ la lunghezza d'onda effettiva della combinazione lastra-filtro. Le grandezze stellari ottenute in tal modo sono fotovisuali.

2. Le lastre sono state calibrate fotografando nella stessa sera, scelta opportunamente per bontà; con due lastre gemelle (stessa scatola e con gelatine affacciate) le Pleiadi e la regione della variabile con lo stesso tempo di posa e pressapoco nelle stesse condizioni di altezza sull'orizzonte. Le due lastre sono state quindi sviluppate contemporaneamente nello stesso bagno in modo da avere parità di trattamento. Tale procedimento è stato usato per ambedue i tipi di lastre.

Come grandezze stellari delle Pleiadi ho usato quelle determinate da E. Hertzsprung (2).

Poiché certamente esiste una certa disparità tra il materiale fotografico da me usato e quello usato per la determinazione delle grandezze assunte per le Pleiadi, vi saranno delle differenze tra i miei valori determinati per le stelle di confronto e quelli che si potrebbero ottenere usando del materiale identico a quello che è servito per le determinazioni di Hertzsprung. Tali differenze però rientrano negli errori di osservazione.

Sovrapponendo gelatina contro gelatina la lastra delle Pleiadi e la lastra della variabile, ho confrontato reiteratamente, a mezzo d'un semplice oculare, gli annerimenti col metodo di Argelander-Nijland ed ho ottenuto i seguenti valori per le grandezze delle stelle di confronto (m.f. = grandezza fotografica; m.fv. = grandezza fotovisuale).

Stella	a	BD	+ 34.4127	m.f. = 6.62	m.fv. = 6.86
"	b	BD	+ 34.4114	m.f. = 7.71	m.fv. = 7.57
"	c	BD	+ 35.4232	m.f. = 8.23	m.fv. = 7.70

3. La variabile 203935 X Cygni [$\alpha = 20^h 39^m.5$ $\delta = +35^\circ 14'$ (1900)] (3) ha i seguenti elementi: (4)

	Max = 7 ^m .0	Cefeide P = 16 ^d .38956
grandezze stellari	min = 8 ^m .2	M - m = 0 ^m .35
	spettro F7 - G8	

Secondo certi autori si hanno valori diversi sia per le grandezze raggiunte al massimo ed al minimo, che per i tipi spettrali. Ho creduto opportuno però adottare i valori precedenti perché più recenti.

4. Con reiterati confronti sono state determinate per ogni lastra le grandezze fotografiche e fotovisuali della variabile. Assunta come fase provvisoria $\varphi = 0^d$ quella relativa all'epoca della prima fotografia, si son riportate tutte le altre osservazioni ad un unico periodo tracciando così una prima curva di luce.

Determinata quindi l'epoca del minimo, questa è stata assunta come definitiva fase $\varphi = 0^d$ e si son riportate quindi tutte le diverse fasi a questa nuova origine.

La tabella I riporta le osservazioni ordinate secondo la fase definitiva; le colonne contengono quanto segue: nella prima vi sono i numeri che portano le fotografie nel registro; nella seconda, la fase in giorni e centesimi di giorno a partire dal minimo; nella terza il giorno giuliano; nella quarta il tempo di posa in minuti; nella quinta e sesta le grandezze fotografiche e fotovisuali; nella settima il tipo di lastra ed il filtro usato (f).

TABELLA I

GRANDEZZE CONCLUSE

1 N.	2 fase d	3 J.D. 2433..+	4 t.posa minuti	5 grandezze		7 tipo di lastra e filtro (f)
				m.f.	m.fv.	
40	0.58	468.43	15	8.43	—	Cappelli bleu
69	0.88	616.25	15	—	7.37	Orto studio f
35	0.97	452.44	30	8.40	—	Cappelli bleu
36	1.99	453.45	15	8.40	—	" "
62	2.37	601.34	10	8.35	—	" "
63	2.40	601.37	15	—	7.32	Super ortho Gevaert f
56	3.97	537.39	15	8.01	—	Cappelli bleu
65	4.37	603.35	18	—	7.26	Super ortho Gevaert f
66	4.40	603.37	11	7.81	—	Cappelli bleu
43	4.58	472.43	15	7.65	—	" "
81	4.78	800.43	15	—	7.15	Orto studio f
26	5.39	440.46	15	7.31	—	Cappelli bleu
84	5.77	801.42	15	—	6.56	Orto studio f
85	6.72	802.37	15	—	6.42	Orto studio f
73	7.05	655.20	10	6.92	—	Cappelli bleu
86	7.77	803.42	15	—	6.60	Orto studio f
27	8.40	443.47	15	7.22	—	Cappelli bleu
28	8.42	443.50	20	—	6.79	Orto studio f
29	9.37	444.45	15	7.41	—	Cappelli bleu
30	9.40	444.47	10	—	6.96	Orto studio f
60	9.67	592.25	15	—	6.95	Orto studio f
67	10.27	609.25	10	7.61	—	Cappelli bleu
31	10.37	445.44	15	7.80	—	" "
47	10.54	478.42	15	7.96	—	" "
59	11.17	577.37	13	—	7.09	Orto studio f
53	11.58	479.44	10	8.00	—	Cappelli bleu
70	12.44	644.20	15	—	7.18	Orto studio f
54	12.53	480.39	10	8.09	—	Cappelli bleu
71	13.44	645.20	10	8.13	—	" "
58	13.54	563.35	15	—	7.23	Orto studio f
68	14.39	613.36	15	—	7.25	Orto studio f
34	14.41	449.48	20	—	7.28	Super ortho Gevaert f
38	15.99	467.45	15	8.43	—	Cappelli bleu

Disponendo in un grafico grandezze e fasi, si sono ottenute due curve di luce, una fotografica, l'altra fotovisuale.

La curva di luce fotografica presenta l'andamento caratteristico delle Cefeidi: si nota una piccola gobba subito dopo il minimo; il massimo e' stretto ed il minimo largo; c'e' una rientranza a meta' circa del ramo discendente. Questa curva e' del tutto simile a quella della stessa variabile riportata da Payne-Gaposchkin (5).

Dalla curva fotovisuale possiamo dedurre che il minimo e' quasi coincidente con quello determinato sulla curva fotografica e forse un po' in ritardo di $0^d.5$. I massimi invece appaiono pressoché coincidenti.

Le ampiezze delle curve di luce sono rispettivamente:

$$\text{Ampiezza fotografica: } A_f = 1^m.58 \quad (6^m.86 - 8^m.44)$$

$$\text{Ampiezza fotovisuale: } A_v = 0^m.98 \quad (6^m.40 - 7^m.38)$$

Il rapporto $(M - m)/P$ relativo alla curva fotografica e' risultato 0.39 perche' il massimo avviene circa alla fase $\varphi = 6^d.5$ mentre per la curva fotovisuale questo rapporto e' risultato 0.35, perche' il minimo e' in ritardo di $0^d.5$ ed il massimo avviene a circa $\varphi = 6^d.3$.

Dall'esame delle due curve di luce si puo' osservare che l'indice del colore varia da $+1^m.06$ a $+0^m.45$ rispettivamente alla fase 0^d ed alla fase 7^d . Al minimo di luce la fotosfera della stella si trova quindi ad una temperatura minore che al massimo in accordo con la teoria generale delle Cefeidi.

5. Nell'ipotesi che l'astro irradi come un corpo nero, si puo' calcolare la temperatura dal colore in base alle seguenti considerazioni:

Dalla relazione di Planck:

$$E_{\lambda T} = \frac{c}{\lambda^5 \left(10 \frac{k}{\lambda T} - 1 \right)}$$

e considerando l'importo totale di radiazione emessa per la lunghezza d'onda λ da una stella di raggio R , di temperatura T e di grandezza assoluta M relativa alla λ considerata, si perviene facilmente alla nota relazione (6):

$$M = C - 5 \log R + \frac{1.56}{\lambda T} + x_{\lambda}$$

Considerando quindi le λ effettive dei due tipi di lastre usate (4400 Å e 5500 Å) si ottiene l'indice del colore per differenza di due espressioni analoghe alla precedente cioe':

$$I = M_{4400} - M_{5500} = C_{4400} - C_{5500} + \frac{7090.9}{T} + x_{4400} - x_{5500}$$

Assumendo come grandezza assoluta del sole a 4400 Å ed a 5500 Å i valori $5^m.30$ e $4^m.85$ ad una temperatura di 6200°K si ottiene

$$C_{4400} - C_{5500} = -0.69$$

E quindi:

$$T = \frac{7090.9}{I + 0.69}$$

Con questa relazione sono state ottenute le temperature dal colore in corrispondenza ai valori interi della fase. Com'e' naturale ho arrotondato l'ultima cifra delle temperature dato il metodo usato.

Nella tabella II sono disposti i valori così calcolati. Nella colonna 1 sono distribuiti i valori interi delle fasi; nella colonna 2 i corrispondenti indici di colore, nella colonna 3 le temperature calcolate.

TABELLA II

1 fase in d	2 indice di colore I in m	3 Temperatura T in °K
0	+ 1.06	4050
1	+ 1.02	4150
2	+ 1.00	4190
3	+ 0.92	4400
4	+ 0.75	4920
5	+ 0.55	5720
6	+ 0.46	6170
7	+ 0.45	6220
8	+ 0.46	6170
9	+ 0.48	6060
10	+ 0.56	5670
11	+ 0.80	4760
12	+ 0.90	4460
13	+ 0.94	4350
14	+ 0.96	4300
15	+ 1.02	4150
16	+ 1.06	4050

I valori estremi della temperatura sono quindi: 4050°K e 6220°K. Tali valori indicano che lo spettro al minimo e all'incirca del tipo G4 - (G5) ed al massimo all'incirca F5.

Naturalmente vi potranno essere delle divergenze tra i valori della temperatura determinati in base all'esame delle righe spettrali inquantoche si e' supposto, nel presente lavoro, che la stella irradia come un corpo nero, ipotesi che vale in buona approssimazione, ma che in generale risulta scostarsi, sebbene di poco, dalla realta', come appare anche dalle curve di distribuzione di energia nello spettro relativamente ai vari tipi spettrali confrontate con quelle del corpo nero alla stessa temperatura (7).

Non mi e' apparso opportuno procedere al calcolo di $\log R$ e delle variazioni di velocita' radiale inquantoche i dati a disposizione sono poco adatti, per numero, a questo computo.

6. Dal presente lavoro si puo' quindi concludere:

- La variabile X Cygni appartiene al tipo classico di Cefeidi a periodo medio.
- L'ampiezza fotografica e' molto maggiore dell'ampiezza fotovisuale in accordo con la teoria generale delle Cefeidi.
- La grandezza assoluta fotografica media ricavata in base al periodo della legge di Miss Leavitt e' $-2^m.24$ (8).
- La variazione di temperatura e' abbastanza ampia e questo puo' dipendere dal fatto che la Cefeide ha un periodo relativamente lungo e quindi presumibilmente l'ampiezza di pulsazione e' pure maggiore.

Treviso, agosto 1951.

BIBLIOGRAFIA

- (1) M.Viario: " *Ricerche fotometriche della variabile RW Cassiopeiae* " Memorie della S.A.I. vol.XV N.3 pag.142 (1942).
- (2) E.Hertzsprung: *Annali di Leida* XIX - (1947).
- (3) G.Cecchini: " *Catalogo Generale di Parallassi stellari* " pag.102 Pubblicazione Oss.Astr. Merate N.4 (1931).
- (4) Questi dati sono ricavati dal: Kukarkin and Parenago: " *The General Catalogue of Variable Stars* " (1948).
- (5) Payne-Caposhkin: " *Variable Stars* " Harvard Observatory Monographs N.5 Cambridge, Mass. pag.170 (1938).
- (6) Russell - Dugan - Stewart: *Astronomy* II Ginn (1938) pag.733.
- (7) Le curve di distribuzione dell'energia spettrale ottenute da Brill e riportate in G.Armellini: " *Trattato di Astronomia Siderale* " vol.II Zanichelli, Bologna (1936) pag.71.
- (8) La tabella riportata nell'op. cit. in (5) pag.164.

Per la distinta delle Pubblicazioni e Ristampe dell'Osservatorio Astronomico di Trieste e del personale dipendente vedasi l'elenco stampato nella 3^a pagina di copertina dell'opuscolo N. 245: Annuario Astronomico per l'Anno bisestile 1952 con le Carte del Cielo. = O.A.T.A. 1952.

Il successivo elenco, aggiornato, comparirà pure nell'Annuario Astronomico per il 1953.