# GO Cygni Örten Çift Yıldızının Fotometrik Analizi(*)

Cengiz Sezer, Ömür Gülmen, Necdet Güdür
E.Ü. Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir

ÖZET: GO Cygni örten çift yıldızının Ege Üniversitesi Rasathanesinde B ve V renklerinde elde edilen fotoelektrik ışık eğrileri Wood ve Wilson-Devinney yöntemleriyle çözümlenmiştir. Çözüm sonuçlarına göre çift, baş yıldızı Roche lobunu doldurmuş yarı-ayrık bir sistemdir. Sistemin dönem sorunu incelenmiş ve dönemin arttığı bulunmuştur.

## 1.GİRİŞ

GO Cygni (=HD 196628 = BD+34°4095) nin bir değişen yıldız olduğu ilk kez Schneller(1928) tarafından fotoğrafik olarak belirlenmiştir. Sistemin ilk ışık öğeleri Szczyrbak(1932) tarafından verilmiştir. Çiftin ayrıntılı gözlem ve tartışmaları fotoğrafik olarak Liau(1935), görsel ve polarizörlü fotometri yoluyla da Pierce (1939,1951) tarafından yapılmıştır. Sistem tayfsal olarak Pearce(1933) tarafından incelenmiş ve her iki bileşenin dikine hız eğrileri elde edilmiştir. Çiftin ikirenk(B,V) fotoelektrik ışıkölçümü Ovenden (1954) ve Mannino(1963) tarafından yapılmış ve ışık eğrileri çözümlenmiştir. Çiftin dönemi Purgathofer ve Prochazka(1967) tarafından incelenmiştir. Yalnızca fotoelektrik baş minimum zamanlarını kullanarak,

$$\text{Hel Min I JD} = 2433930.40561 + 0^{\text{g}}.71776382.E$$

doğrusal öğelerini, tüm minimum zamanlarını kullanarak ve parabolik bir dönem değişimini kabul ederek,

---

(*) Bu çalışmayı TÜBİTAK desteklemiştir, (TBAG-795).

$$\text{Hel Min I JD} = 2433930.40614 + \overset{g}{0}.71776314.E + \overset{g}{1}.08\times10^{-10}.E^2$$

biçiminde ikinci mertebeden terim içeren ışık öğelerini vermişlerdir. Cester ve arkadaşları(1979), ışık öğelerini yeniden hesaplamışlar, ikinci dereceden terim içeren öğelerin daha uygun olduğunu ve dönemin yavaşca arttığını belirterek aşağıdaki öğeleri vermişlerdir:

$$\text{Hel Min I JD} = 2433930.4061 + \overset{g}{0}.7177636.E + \overset{g}{7}\times10^{-11}.E^2.$$

## 2.GÖZLEMLER

GO Cygni örten çift yıldızı,Ege üniversitesi Rasathanesinde 1984-1985 yaz dönemlerinde fotoelektrik olarak dokuz gece gözlenmiş, B ve V renklerinin her birinde 416 şar nokta ile ışık eğrileri elde edilmiştir. Gözlemlerde 48 cm lik Cassegrain teleskobu ve ona bağlı EMI 9781A fotokatlandırıcı tübü kullanılmıştır. Mukayese yıldızı olarak BD +35°4180, denet yıldızı olarak da BD +35°4098 yıldızları seçilmiştir. Gözlemler süresince mukayese yıldızının parlaklığının değişmediği saptanmıştır. Mukayese yıldızının gözlemlerinden her gözlem gecesi için B ve V renklerinde ayrı ayrı sönükleştirme katsayıları hesaplanarak atmosfer sönükleştirme düzeltmeleri yapılmış ve gözlemler güneş merkezine indirgenmiştir. Tüm gözlemleri temsil eden ışık ve renk eğrileri Şekil 1 de görülmektedir.

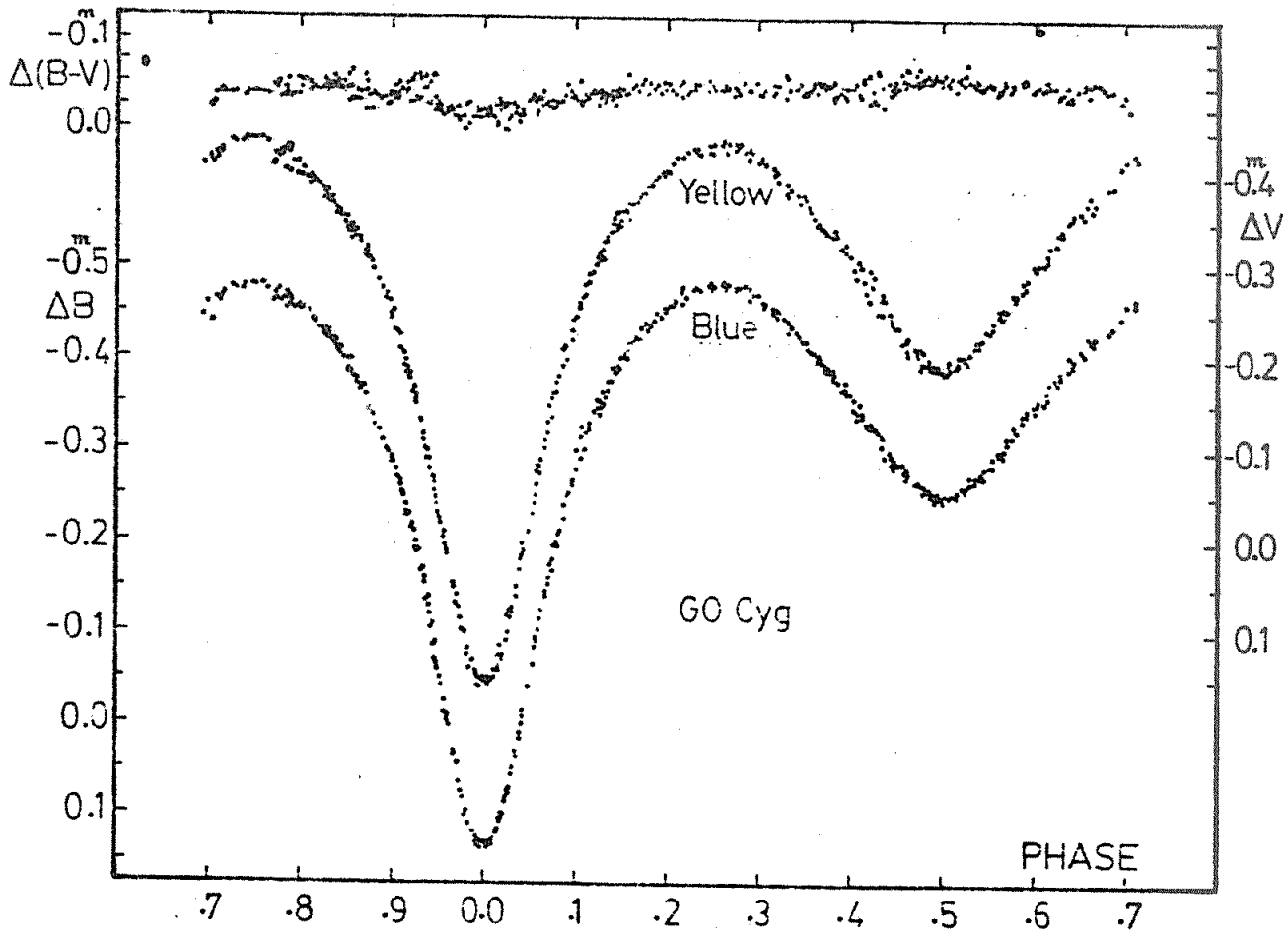
## 3.DÖNEM DEGIŞIMI

Gözlemler boyunca elde edilen üç baş ve iki yan minimum zamanına literatürden bulunabilen fotoelektrik ve fotoğrafik minimum zamanları da katılarak ağırlıklı en küçük kareler yöntemiyle ışık öğeleri yeniden hesaplanmış, Sezer ve arkadaşları(1985) tarafından yayınlanmıştır. O-C değişimi bir parabol eğrisi olup ikinci dereceden terim içeren yeni ışık öğeleri şöyledir:

$$\text{Hel Min I JD} = \underset{\pm 5}{2433930.4060} + \underset{\pm 22}{0.71776331^{d}}.E + \underset{\pm 12}{0.113 \times 10^{-9}}.E^{2}.$$

Bu öğelere göre sistemin dönemi artmaktadır. Dönemdeki artış miktarı 0.99 ± 0.11 saniye/yüzyıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 1 deki evreler, gözlemlerin yapıldığı zaman aralığı için geçerli ve yakın gelecekte de kullanılabilecek olan aşağıdaki doğrusal ışık öğeleriyle hesaplanmıştır:

$$\text{Hel Min I JD} = 2445865.4056 + 0.71776707^{d}.E.$$




Şekil 1. GO Cyg'nin B, V ışık ve B-V renk eğrileri.

## 4. IŞIK EĞRİLERİNİN ÇÖZÜMÜ

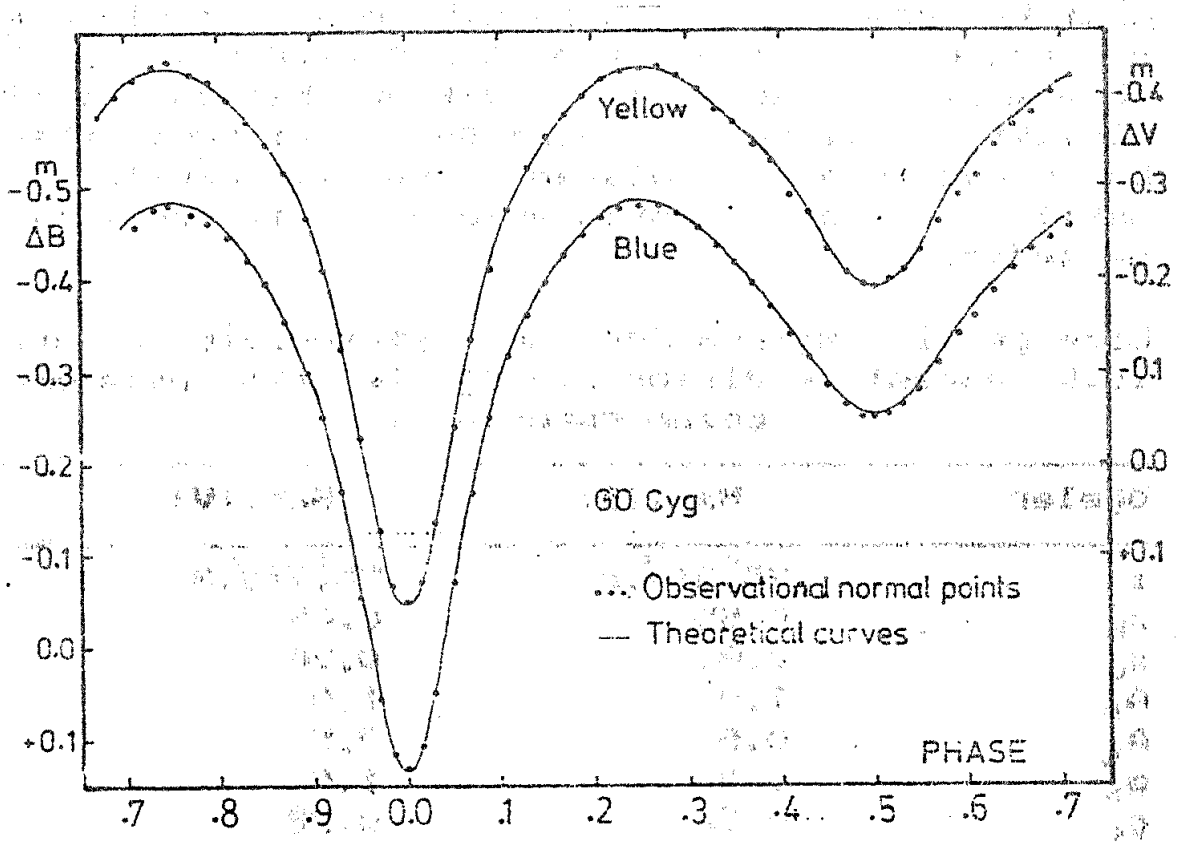
GO Cygni örten çift yıldızının B ve V renklerinde elde edilen ışık eğrileri Wood ve Wilson-Devinney yöntemleriyle çözümlenmiştir. Wood yöntemi daha çok ayrık çiftlerin çözümlerinde güvenilir sonuçlar vermektedir. GO Cygni bir yakın çift olmasına karşın Wood yöntemiyle herbir renkte çözümler elde edilmiş ve bulunan öğeler Wilson-Devinney yönteminde başlangıç öğeleri olarak kullanılmıştır.

Yakın çiftlerin ışık eğrisi çözümlerinde en başarılı ve en çok kullanılan yöntemlerden birisi Wilson-Devinney(1971) yöntemidir. Kasım 1983 tarihine kadar yapılan tüm düzenleme ve gelişmeleri içeren yöntemin en yeni biçimi Wilson(1984) dan sağlanmış ve çözümlerde kullanılmıştır. Bu modele göre yıldızların yüzeyleri eşpotansiyelli kabul edilir. Işık eğrisi: yörünge eğikliği(i), kütle oranı ($q = M_c / M_h$), yüzey potansiyelleri ($\Omega_{h,c}$), kutup sıcaklıkları($T_{h,c}$), normalize edilmemiş tekrenk ışıtmaları($L_{h,c}$), çekim kararma katsayıları($g_{h,c}$), bolometrik albedolar($A_{h,c}$) ve kenar kararma katsayıları($x_{h,c}$)nın fonksiyonu olarak hesaplanır ve gözlenen eğrilerle en iyi uyuşmayı sağlayacak parametreler ardarda yaklaşımlarla bulunur. Çözümler, Wood yönteminde olduğu gibi her bir renkteki 416 şar gözlem noktasından oluşturulan 52 şer normal nokta ile yapılmıştır. Wilson-Devinney yönteminde örten çift yıldızlara uygulanabilen sekiz ayrı MODE vardır. Örneğin MODE 2 ayrık çiftlere, MODE 4 birinci bileşeni, ve MODE 5 ikinci bileşeni Roche lobunu doldurmuş yarı-ayrık çiftlere, MODE 6 ise her iki bileşeni de Roche lobunu doldurmuş değen çiftlere uygulanmaktadır. Yöntem, eğer dikine hız verileri varsa, ışık eğrisi ve dikine hız eğrisi çözümünü birlikte yapabilmektedir. Dikine hız eğrileri katılmadan ve daha sonra dikine hız eğrilerinin katılmasıyla her bir renkte ayrı ayrı MODE 2 ile çözüm denemeleri yapılmış, fakat her seferinde baş yıldızın Roche lobunu doldurduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durumda çözüm denemelerine MODE 4 ile devam edilmiştir. Bu çözümlerde baş yıldızın yüzey potansiyeli($\Omega_h$) kritik değerine eşit alınmakta olup i, $T_c$, q, $\Omega_c$, $L_h$ değerleri değişken parametreler olarak alınmıştır. Dikine hız

eğrilerinin katılmasıyla yapılan çözümlerde, bu değişkenlere yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu(a) ve sistemin kütle merkezinin dikine hızı ($V_\gamma$) eklenmiştir. Çizelge 1 de dikine hız eğrisi ile birlikte elde edilen çözüm sonuçları verilmekte, bu sonuçlarla hesaplanan kuramsal eğriler de Şekil 2 de normal noktalarla birlikte gösterilmektedir.

Çizelge 1. Wilson-Devinney yöntemiyle bulunan ışık eğrisi ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözüm sonuçları.

| Öğeler | Mavi(B) | Sarı(V) |
|---|---|---|
| $i$ | $75^\circ.3\pm0^\circ.2$ | $75^\circ.7\pm0^\circ.3$ |
| $x_h$ | 0.55 | 0.45 |
| $x_c$ | 0.83 | 0.70 |
| $A_h$ | 1.0 | 1.0 |
| $A_c$ | 0.5 | 0.5 |
| $g_h$ | 1.0 | 1.0 |
| $g_c$ | 0.32 | 0.32 |
| $T_h$ | 10350 K | 10350 K |
| $T_c$ | 5622±39 K | 5958±43 K |
| $\Omega_h$ | 3.069 | 3.056 |
| $\Omega_c$ | 3.329±0.026 | 3.333±0.021 |
| $q$ | 0.603±0.004 | 0.596±0.006 |
| $L_h/(L_h+L_c)$ | 0.966±0.002 | 0.932±0.003 |
| $L_c/(L_h+L_c)$ | 0.034 | 0.068 |
| $r_h$ (pole) | 0.3986±0.0005 | 0.3996±0.0008 |
| $r_h$ (point) | 0.5518±0.0006 | 0.5530±0.0009 |
| $r_h$ (side) | 0.4218±0.0006 | 0.4229±0.0009 |
| $r_h$ (back) | 0.4507±0.0006 | 0.4518±0.0009 |
| $r_c$ (pole) | 0.2783±0.0025 | 0.2751±0.0017 |
| $r_c$ (point) | 0.3169±0.0041 | 0.3117±0.0026 |
| $r_c$ (side) | 0.2867±0.0027 | 0.2832±0.0019 |
| $r_c$ (back) | 0.3037±0.0033 | 0.2994±0.0022 |
| $a$ | $(4.2\pm0.1)R_\odot$ | $(4.1\pm0.2)R_\odot$ |
| $V_\gamma$ | −2.7±3.4 km/s | −2.6±5.4 km/s |
| $\Sigma W(O-C)^2$ | 0.0029 | 0.0076 |




Şekil 2. GO Cyg'nin normal gözlem noktaları ve Çizelge 1 deki Wilson-Devinney çözümlerine karşı gelen kuramsal ışık eğrileri.

## 5.TARTIŞMA

Işık eğrileri tipik β Lyr türündendir. Sistemin rengi baş minimum evrelerinde hafifçe kırmızılaşmaktadır. Pearce'nin tayfsal çalışmasında bileşenlerin tayf türleri B9n ve A0n verilmektedir. Çözüm sonuçlarımız, ikinci bileşenin G tayf türünden olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, Ovenden'in de belirttiği gibi, büyük yansıma etkisinden kaynaklanmaktadır. GO Cygni örten çifti, baş yıldızı Roche lobunu doldurmuş yarı-ayrık bir sistem olarak bulunmuş olup, bugüne kadar yapılan gözlemlere göre örten çiftlerde kütleli bileşenin Roche lobunu doldurması çok ender karşılaşılan bir durumdur. "Algol paradoksu"na göre genellikle küçük kütleli bileşenin Roche lobunu doldurduğu gözlenmektedir. Yörünge dönemindeki artış, baş yıldızdan ikinci bileşene doğru kütle aktarılması ile bağlantılı olabilir.

Dikine hız ve ışık eğrilerinin eşzamanlı çözüm sonuçlarından bulunan kütle oranı($q \cong 0.6$), Pearce tarafından bulunan tayfsal değerden ($q=0.85$) farklıdır. Dikine hız eğrilerini katmadan elde edilen fotometrik kütle oranı da yine 0.6 civarındadır. Bu durumda Pearce'nin yaygın tayf çizgilerinden ve az sayıdaki ölçümden bulduğu tayfsal kütle oranına pek güvenilmemelidir. Bu nedenle salt öğelerin hesabına gidilmemiştir.

## KAYNAKLAR


Cester, B., Giuricin, G., Mardirossian, F., Mezzetti,M.: 1979, Acta Astron. 29,433.

Liau,S.P.: 1935, Publ. de l'obs. de Lyon,Ser.I,1, Fasc.13.

Mannino,G.: 1963,Publ.Univ. Bologna, Vol.8,No.15.

Ovenden,M.N.: 1954, Mon.Not.R.Astron.Soc.114,569.

Pearce,J.A.: 1933, J.R.Astron.Soc.Canada,27,62.

Pierce,N.L.: 1939, Astron.J.48,113.

Pierce,N.L.: 1951, Princeton Contr.No.25,53.

Purgathofer,A., Prochazka,F.: 1967, Mitt.Univ.-Sternwarte Wien,13,151.

Schneller,H.: 1928, Astron.Nachr.235,85.

Sezer,C., Gülmen,ö., Güdür,N.: 1985, Inform. Bull.Var.Stars, No.2743.

Szczyrbak,S.: 1932, S.A.C. 10,44.

Wilson, R.E., Devinney, E.J.: 1971, Astrophys.J. 166,605.

Wilson, R.E.: 1984, Özel haberleşme.