

# PV Cassiopeiae : EKSEN DÖNMESİ

Varol KESKİN, Cafer İBANOĞLU, Zeynel TUNCA, Serdar EVREN, M. Can AKAN  
Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Çift yıldızlarda eksen dönmesi üzerine yapılan çalışmaların amacı, özellikle yıldızların iç yapılarının deneysel olarak incelenmesidir. Dış merkezlikli yörüngeleri olan çift yıldızlardaki dinamik tedirginlikler eksen dönmesine neden olmakta ve bunun ne kadar olduğu, minimum zamanları yardımıyla çok duyarlı bir biçimde ölçülebilmektedir. Bir yıldızın bileşenine uyguladığı çekim kuvveti, onun iç yoğunluk dağılımına bağlıdır ve eğer temel çekim parametreleri biliniyorsa, bu konuda önemli bilgiler elde edilebilir. Bu bilgileri elde etmenin yolu, gözlenen eksen dönme oranlarıyla, kuramsal modellerle belirlenen iç yapı katsayılarına bağlı olarak hesaplanan oranları karşılaştırmaktır.

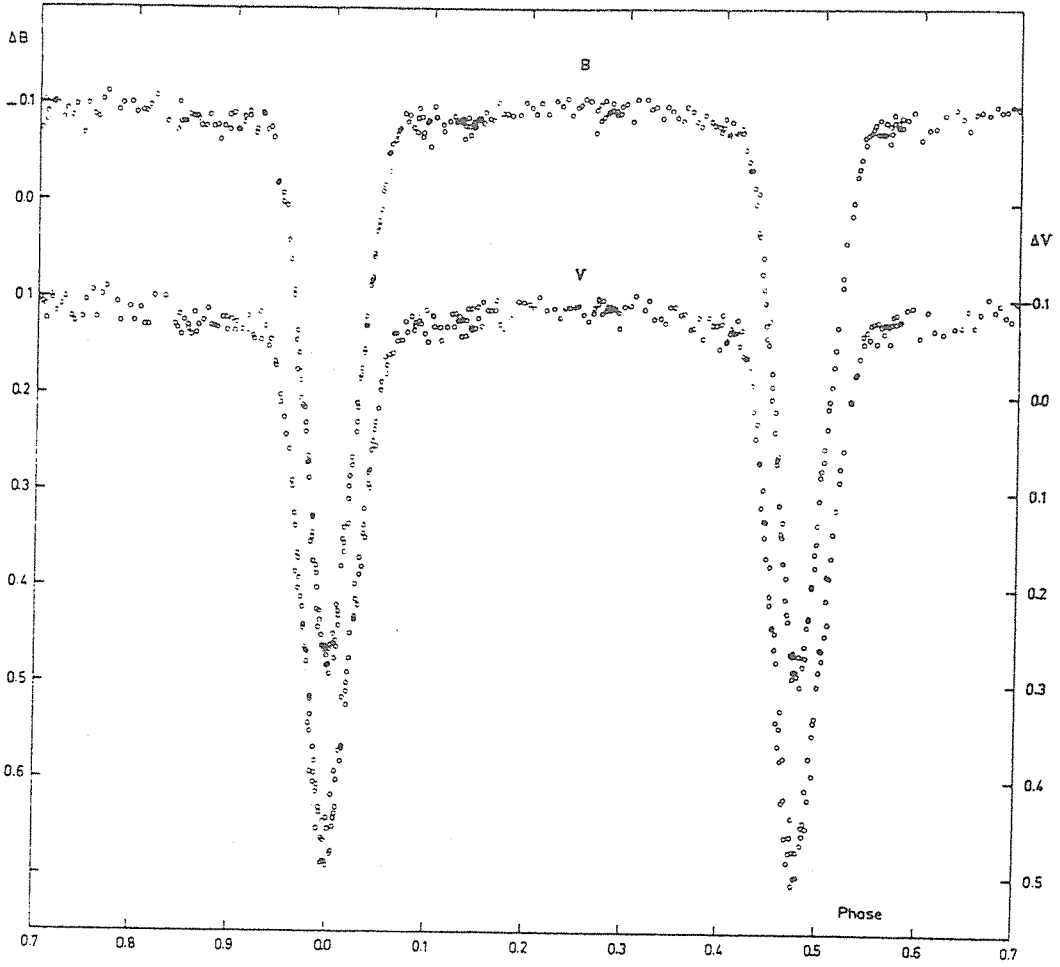
Eksen dönmesine iki katkı vardır : *Klasik katkı* ve *Relativistik katkı*. Eksen dönmesi temel olarak, Newton 'ın çekim yasasından sapmalar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Küresel yapıdaki nokta kütleler, gerçek kepler yörüngeleri oluşturur fakat yakın çiftlerdeki gibi bozulmuş yapıdaki yıldızlar, birer nokta kütle olarak ele alınamaz ve yörünge hareketi ile ilgili hesaplamalarda düzeltme yapmak gerekir. Tüm düzeltmeler yapıldığında, enberi noktasının yeri ile ilgili terim kalmaktadır. Bu da eksen dönmesine neden olabilecek tüm nedenlerin hesaplamalara katılması gerektiğini göstermektedir.

Diğer yandan, toplam eksen dönmesine neden olan klasik katkı da, yıldızların bozulmalarından kaynaklanan iki terim içermektedir : *yakınlık etkileri* ve *dönme nedeniyle basıncılaşma*. Eksen dönmesinin hesaplanmasına ilişkin denklemler, dış merkezlik ( $e$ ), kütle oranı ( $q$ ), bileşenlerin görelî yarıçapları ( $r_g, r_s$ ), bileşenlerin iç yapı sabitleri (her iki bileşen için ortalama  $k_2$ ) ve dönme hızları ( $V_1, V_2$ ) cinsinden verilmektedir. Görelî yarıçapları 0.1 den daha küçük olan ayrık çiftlerde eksen dönme oranı, klasik katkının görelî yarıçapın 5. kuvvetinin tersiyle orantılı olması yüzünden, temel olarak relativistik katkı nedeniyle ortaya çıkar. Bu nedenle böylesi örten çift yıldızlar, relativistik katkının test edilmesi açısından çok uygundur. Görelî yarıçapları 0.15 'ten büyük olan yakın çift yıldızlarda ise, klasik katkı daha baskındır (Giménez, 1990).

PV Cas 'ın değişen yıldız olduğu, ilk kez Geyer (1955) tarafından belirlenmiştir. Geyer sistemi Algol türü olarak tanımlamış ve 1958 'de ilk fotoğrafik ışık eğrisini elde ederek dönemini 0.875231 gün olarak belirlemiştir (Geyer, 1958). Daha sonra ilk fotoelektrik ışık eğrisini elde etmiş, fakat ışık eğrisinde yan minimum görülmediğini söylemiştir. Bu ışık eğrisini kullanarak yaptığı analizde bileşenlerin yarıçaplarını,  $r_g = 0.455$ ,  $r_s = 0.309$  ve yörünge eğikliğini de  $i = 74^\circ$  bulmuştur (Geyer, 1961). Dizge Algol türü olarak sınıflandırılmış olmasına karşın, belirlenen bu yarıçaplar değen dizgelere karşılık gelmektedir. İbanoğlu (1974) ardışık minimumlar arasındaki zaman farkının sabit olmadığını bulmuş, elde ettiği ışık eğrisinde yan minimumun baş minimum ile aynı derinlikte olduğunu fakat 0.480 evrede olduğunu göstermiştir. Işık eğrilerini analiz ederek, bileşenlerin yarıçaplarını  $r_g = 0.221$ ,  $r_s = 0.191$  ve yörünge eğikliğini  $i = 88^\circ.3$  olarak belirlemiştir. Yan minimumdaki kaymadan, dizgede eksen dönmesi olabileceğini belirtmiştir. Popper (1987) dikine hız eğrisinin çözümünü yapmış ve İbanoğlu (1974) tarafından verilen değerlerle birleştirerek

$$\begin{aligned} M_1 = M_2 &= 2.79 \pm 0.05 & (M_\odot) \\ R_1 = R_2 &= 2.27 \pm 0.05 & (R_\odot) \\ \log g_1 = \log g_2 &= 4.17 \pm 0.02 & (\text{cgs}) \\ \log T_1 = \log T_2 &= 4.00 \pm 0.01 & (\text{K}) \\ a \sin i &= 10.815 \pm 0.064 & (R_\odot) \\ \text{Tayf türü} &= \text{B 9.5 V} + \text{B 9.5 V} \end{aligned}$$

bulmuştur. Giménez ve Margrave (1982) O - C değerlerini kullanarak, eksen dönmesinin döneminin 90 yıl dolayında olduğunu önermiştir. Krzesinski ve ark. (1993), yeni gözlem verilerini de kullanarak eksen dönmesi dönemi için  $U = 98 \pm 5$  yıl ve enberi noktasının boylamındaki değişme miktarını da  $\omega = 0.0178$  °çevrim olarak buldular. İç yapı sabitini de  $k_2 = 0.0034 \pm 0.0003$  olarak hesapladılar.



Şekil 1. B, V ışık eğrileri

1993 yılında 4 tane baş minimum ve 5 tane yan minimum elde edilmiş ve şimdiye değin elde edilen tüm minimum zamanları ile birleştirilerek baş ve yan minimum zamanlarındaki sapmalar yeniden analiz edilmiştir. Her iki minimuma ilişkin zamanlar için birlikte çözüm yapılarak

$$\begin{aligned}
 T_0 &= \text{JD } 24\,40227.3876 \pm 0.0016 \\
 P &= 1.75046978 \pm 0.00000009 \\
 e &= 0.0322 \pm 0.0006 \\
 A &= 0.0181 \pm 0.0007 \text{ } ^\circ/\text{çevrim} \\
 \omega_0 &= 182^\circ \pm 3^\circ \\
 U &= 94.80 \pm 3.51 \text{ yıl}
 \end{aligned}$$

bulunmuştur.

Relativistik eksen dönmesi

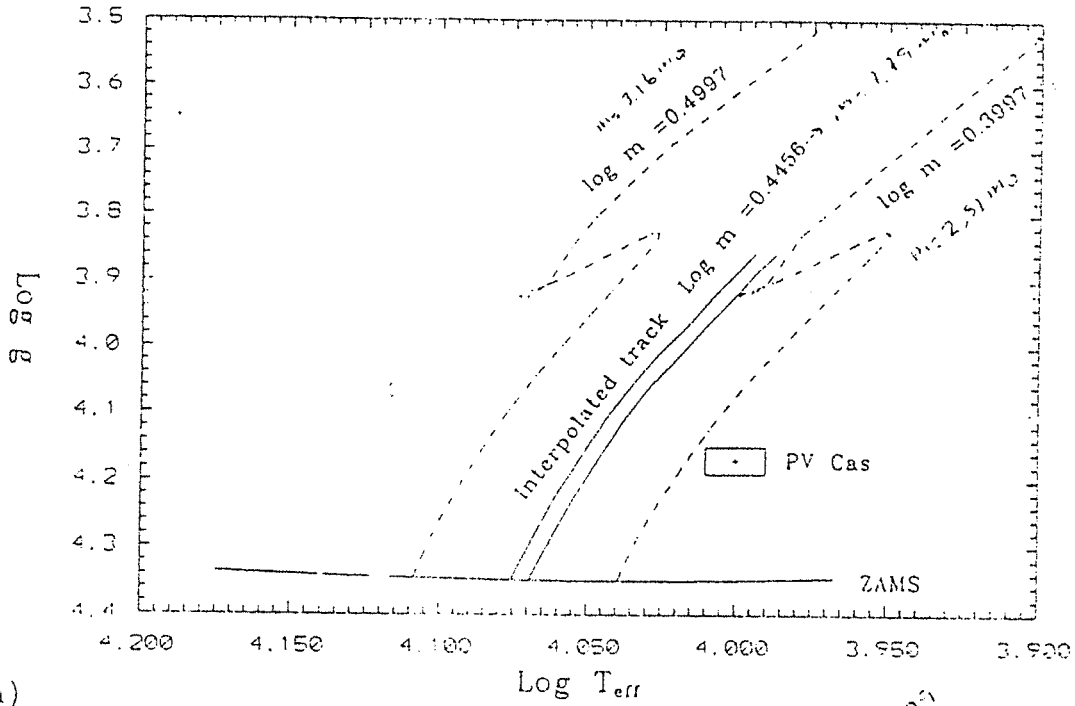
$$\frac{U'}{P} = 1.57 \times 10^5 \frac{A(1-e^2)}{m_1 + m_2}$$

den  $U' = 1456.82$  yıl elde edilmektedir. Buna göre  $\dot{\omega}_{\text{rel}} = 0.001184$   $^\circ/\text{çevrim}$  dir.  $\dot{\omega}_{\text{obs}} = \dot{\omega}_{\text{rel}} + \dot{\omega}_{\text{cl}}$  olduğundan  $\dot{\omega}_{\text{cl}} = 0.0170$   $^\circ/\text{çevrim}$ .  $U = 101.4$  yıl ve  $k_2$  (gözlem) = 0.0060 çıkmaktadır. Halbuki, Claret ve Giménez (1991) 'in gelişim modellerine göre :

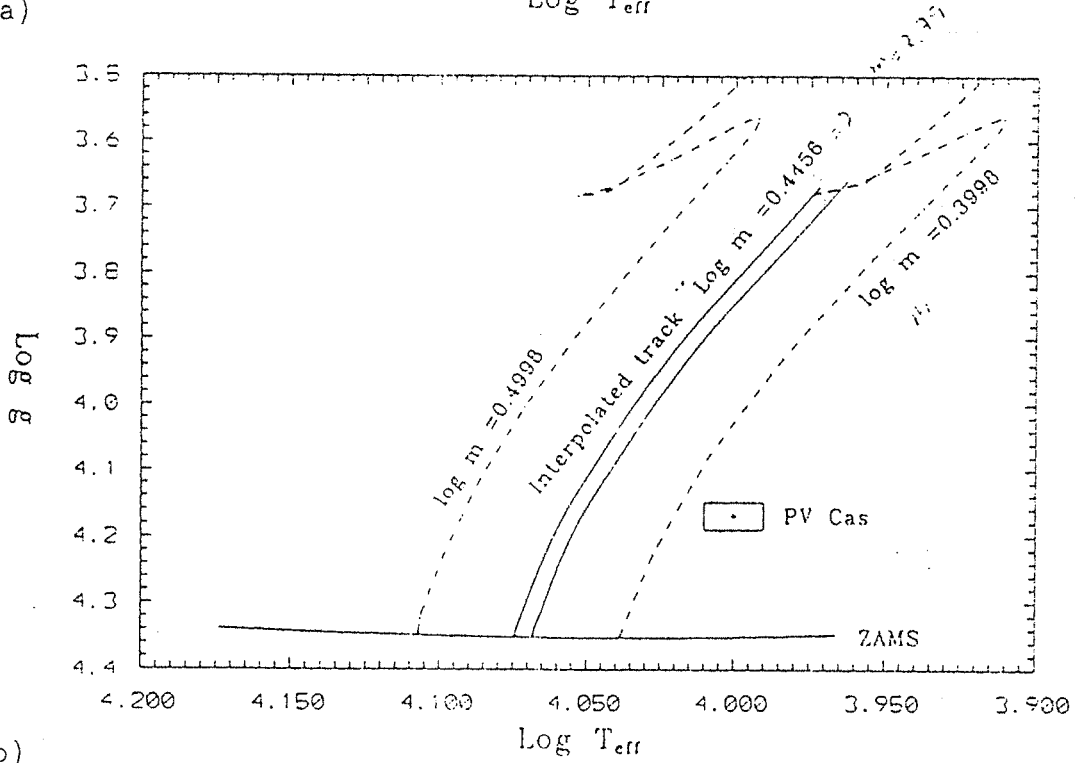
konvektif fırlatmasız  $k_{2(\text{kuram})} = 0.0050$ ,

konvektif fırlatmalı  $k_{2(\text{kuram})} = 0.0049$

bulunmaktadır. Kuramla gözlemi karşılaştırsak, PV Cas 'in bileşenlerinde kütlelerin merkeze doğru yığılması, kuramdan beklenenden daha azdır. Benzer bir durum, gözlenen  $\log g$  ile  $\log T$  değerleriyle kuramsal  $\log g - \log T$  değerlerinde de ortaya çıkmaktadır. Bileşenler, kuramdan beklenenden daha soğuk görünmektedir. Bunun nedenleri :

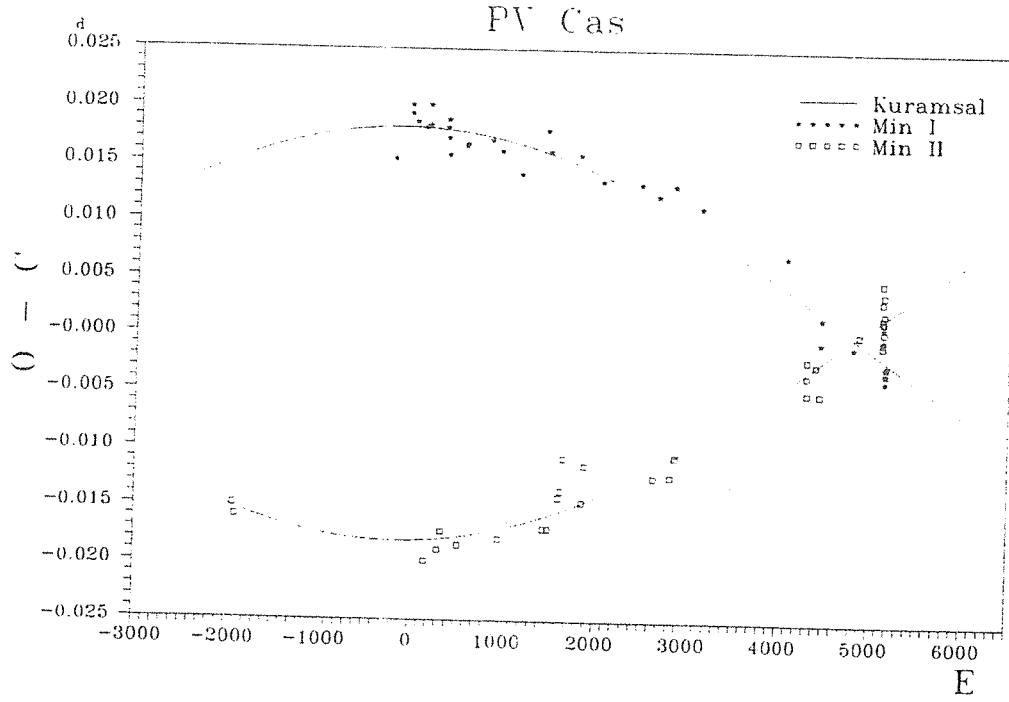


a)



b)

Şekil 2. Krzesinski Fig 2 a ve b



Şekil 3. PV Cas 'ın Min I ve Min II O - C eğrileri.

- a) Kimyasal element bolluğundaki fark
- b) Yıldızların kendi eksenleri çevresindeki hızlı dönme
- c) Kuramsal modellerde yoğunluk dağılımının yanlış alınması
- d) Genel görelilikten gelen katkının çok az olması

olabilir. Bu nedenlerden herbirinin ayrı ayrı araştırılması gerekmektedir.

**Kaynaklar :**

- Claret, A., Giménez, A. : 1991. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **87**, 507.  
 Geyer, E. : 1955, *Kl. Veröffentl. Bamberg*, No.9.  
 Geyer, E. : 1958, *Kl. Veröffentl. Bamberg*, No.25.  
 Geyer, E. : 1961, *Z. Astrophys.*, **51**, 79.  
 Giménez, A. : 1990, in *Active Close Binaries*, NATO ASI, ed. C. İbanoğlu,  
 (Dordrecht : Kluwer), p.137.  
 Giménez, A., Margrave, T. E. : 1982. *Astron. J.*, **87**, 1233.  
 İbanoğlu, C. : 1974. *Astron. Astrophys.*, **35**, 483.  
 Krzesinski, J., Pajdosz, G., Drozd, M. : 1993. *Astrophys. Space Sci.*, **204**,  
 191.  
 Popper, D. M. : 1987, *Astron. J.*, **93**, 672.

- ❖ -