

## Çoklu Sistem XY Leonis'in Astrometrik Çözümü

Volkan Bakış, Ahmet Erdem, Osman Demircan, Edwin Budding, Hicran BAKIŞ  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, 17100, Çanakkale  
bakisv@physics.comu.edu.tr

**Özet:** Çoklu sistem XY Leonis'in (AB) (HIP 49136) uzak bileşenlerinin özelliklerini belirlemek amacıyla astrometrik çözümü minimum zamanlarının analiziyle birlikte yapılmıştır. Bu çözümden, büyük yörüngenin (AB-cd) eğimini  $94^\circ.4 \pm 0.2$ , düğümler çizgisinin açısını  $247^\circ.3 \pm 0.2$  ve uzak bileşenin (cüce çift cd) kütlesi  $0.98 \pm 0.2 M_\odot$  olarak bulunmuştur. Bu çalışma ışık-zaman etkisinin örten çiftin O-C'sinde görülen sinüzodal değişimden sorumlu olduğunu göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** örten çiftler, üçlü sistemler, astrometri, ışık-zaman etkisi.

**Abstract:** An astrometric solution, together with time of minimum analysis, has been made for the multiple system XY Leonis (HIP 49136) to identify the properties of the remote companion to the eclipsing pair (AB). From this solution, we derive the inclination of the wide orbit (AB-cd) as  $94^\circ.4 \pm 0.2$ , angle of nodes as  $247^\circ.3 \pm 0.2$ , and the mass of the wide component (the dwarf binary cd) as  $0.98 \pm 0.2 M_\odot$ . This study confirms that the light time effect can explain the sinusoidal O-C variation of the eclipsing system.

**Key words:** eclipsing binaries, triple systems, astrometry, light time effect

### 1. Giriş

Örten çift yıldızlara çekimsel olarak bağlı, görünmeyen bileşenlerin keşfedilmesinde etkin bir yöntem de ışık zaman etkisini (LTT) kullanmaktır. LTT yönteminin eksik kalan yanı önerilen bileşenin sadece birkaç parametresinin belirlenebilmesidir. Ancak, Algol örneğinde gösterildiği gibi (Bachmann ve Hershey, 1975), LTT analizi astrometri ile birleştirilebilir ve böylece büyük yörüngenin eğimi ile üçüncü cismin kütlesi bulunabilir. Bu çalışmada, çoklu sistem XY Leo için absis verisini Hipparcos Intermediate Astrometric Data (ESA, 1997) kataloğundan aldık ve tüm yer konumlu gözlemleriyle birlikte LTT analizi ile birleştirdik. 1944 ile 2002 arasında literatürde yayınlanmış 392 tutulum zamanlarının artıkları periodik sinus benzeri değişim (19.5 yıl) göstermektedir. Gehlich ve ark. (1972), Hvirnak (1985) ve Pan&Cao (1998) gösterdiği gibi, bu değişimler en uygun uzak bir bileşenin çekimsel etkisinden kaynaklanan LTT etkisi ile açıklanabilir. Bu çalışmanın amacı astrometri ile O-C analizinden ortak bir çözüm elde etmek ve bu uzak bileşenin (cd) yörüngesine ait mutlak parametrelerini belirlemektir.

### 2. Astrometry ve LTT Analizi

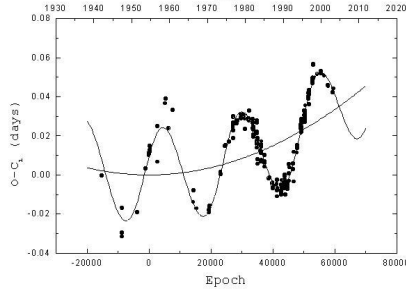
Hipparcos XY Leo örten çift yıldızın 22 Kasım 1989 ile 9 Kasım 1992 tarihleri arasında gözlemiştir. *Hipparcos Intermediate Astrometric Data* kataloğunda 26 farklı zamanda elde edilmiş ve iki

farklı Hipparcos konsorsiyumu FAST ve NDAC tarafından indirgenmiş 50 adet bir-boyutlu astrometrik ölçüm vardır. Bu veriler Hipparcos kataloğunun CD-ROM 5'den elde edilebilir (Perryman, 1997). Malesef, gözlemlerin zaman aralığı büyük yörüngenin (AB-cd) döneminde daha küçük olduğundan elde edilen parametreler üzerinde sistematik hatalar meydana gelebilir. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için veri tabanımızı yer konumlu astrometrik gözlemlerle birleştirdik. 299 minimum zamanı Yakut ve ark. (2003) den ve 93 yayınlanmamış minimum zamanı Zejda (özel iletişim) dan alınmıştır. O-C verisi Yakut ve ark.'nın ürettikleri ışık elemanları kullanılarak Fig 1.'de çizdirilmiştir. O-C analizinde parabolic ve LTT etkisi gözönünde bulundurulmuştur ve LTT etkisi için Irwin (1952) iyi bilinen formülü uygulanmıştır:

$$\Delta T = \frac{a_{12} \sin i_{12}}{c} \left\{ \frac{1 - e_{12}^2}{1 + e_{12} \cos v_{12}} \sin(v_{12} + a_{12}) + e_{12} \sin a_{12} \right\} \quad (1)$$

Burada  $c$  ışık hızı ve  $a$ ,  $i$ ,  $e$ ,  $w$  ve  $v$  yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu, eğimi, basıklığı, enberinin boyları ve gerçel ayrıklığıdır. (1) denkleminin O-C artıklarına uygulanmasıyla büyük yörüngenin parametrelerine ait değerler bulunur. Ancak bu parametrelerden yarı-büyük eksen uzunluğu ve bileşenin (cd) kütlesi sadece LTT analizi kullanılarak bulunamayan  $\sin i$  çarpanından etkilenmektedir.

V. Bakış vd. : Çoklu Sistem XY Leonis'in Astrometrik Çözümü



Şekil 1. XY Leo'nun O-C artıkları ve ona en iyi uyan teorik eğri.

$i$  ve  $\Omega$  parametreleri sistemin tüm geometric tanımını verecek şekilde astrometrik veri ile birleştirilebilir (Ribas ve ark. 2001). Eliptik hareket standart  $x$  ve  $y$  koordinatları üzerinde aşağıdaki etkiyi doğuracaktır:

$$\Delta x = a \frac{1-e^2}{1+e \cos v} [\cos(v+w) \sin \Omega + \sin(v+w) \cos \Omega \cos i] \quad (2)$$

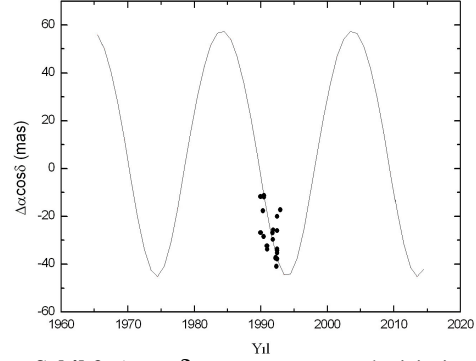
$$\Delta y = a \frac{1-e^2}{1+e \cos v} [\cos(v+w) \cos \Omega - \sin(v+w) \sin \Omega \cos i] \quad (3)$$

Hipparcos ölçümleri bir-boyutlu olduğu için ölçülen apsisin değişimini  $\Delta v$ ,  $\Delta x$  ve  $\Delta y$  terimleriyle açıklamamız gerekmektedir.

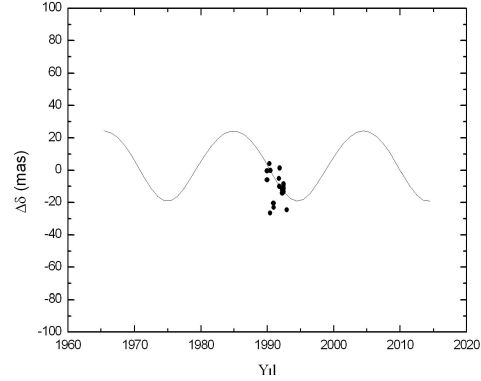
$$\Delta v = \frac{\partial v}{\partial \alpha \cos \delta} (\Delta \alpha \cos \delta + \Delta x) + \frac{\partial v}{\partial \delta} (\Delta \delta + \Delta y) \quad (4)$$

$$+ \frac{\partial v}{\partial \varpi} \Delta \varpi + \frac{\partial v}{\partial \mu_\alpha \cos \delta} \Delta \mu_\alpha \cos \delta + \frac{\partial v}{\partial \mu_\delta} \Delta \mu_\delta$$

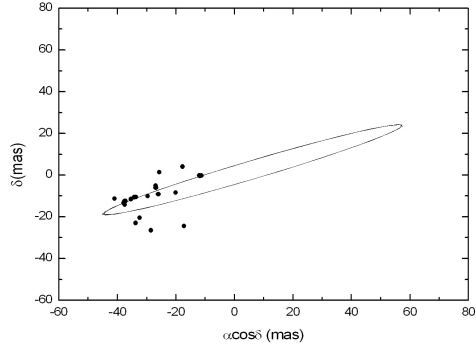
Burada  $(\alpha, \beta)$  başlangıç eşlek koordinatları,  $(\mu_\alpha, \mu_\beta)$  öz hareketler ve  $\varpi$  paralaktır. Büyük yörüngeye ilişkin LTT ve astrometrik veriye (4) denkleminin uygulanmasına ek olarak örten çift yıldızın ışık elemanlarına yapılacak düzeltmeler de dikkate alınmıştır. Başlangıç ışık elemanları Yakut ve ark. (2003) den alınmıştır. Sonuç olarak elde edilen parametreler şu şekildedir:  $a_{AB} = 5.63 \pm 0.05$ ,  $P_{AB} = 0.28410237 \pm 4 \times 10^{-8}$  ve  $T_{0AB} = \text{HJD } 2435484.0236 \pm 7 \times 10^{-12}$ . Dönem değişim oranı  $Q = 9.3 \pm 0.7 \times 10^{-12}$  gün/çevrim olarak bulunmuştur. Teorik eğrilerle *Hipparcos Intermediate Astrometric Data* gözlem verilerin grafik gösterimleri Şekil 2, 3 ve 4'de verilmiştir. Elde edilen en iyi teorik eğrileri veren sonuç parametreler standart hatalarına birlikte Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2.  $\Delta \alpha \cos \delta$ 'nin zamana göre değişimi.



Şekil 3.  $\Delta \delta$ 'nin zamana göre değişimi.



Şekil 4. Büyük yörünge ve Hipparcos gözlem noktaları.

**Tablo 1.** Astrometry ve O-C analizi sonucunda elde edilen yörüngeye ait parametreler.

Parametre	Değer
$\pi$ (mas)	13.59±0.08
$\mu_{\alpha}\cos(\delta)$ (masyr <sup>-1</sup> )	59.94
$\mu_{\delta}$ (masyr <sup>-1</sup> )	-51.32
$a_{12}$ (mas)	55.6±0.3
$\Omega_{12}$ (deg)	356±14
$P_{12}$ (yıl)	19.59 ± 0.06
$e_{12}$	0.12 ± 0.02
$i_{12}$ (derece)	94.07 ± 0.2
$w_{12}$ (derece)	247.3 ± 0.2
$T_{12}$ (HJD)	2435341 ± 284
$M_{AB}(M_{\odot})$	1.32
$M_{cd}(M_{\odot})$	0.98 ± 0.02

### 3 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma ile XY Leo'nun büyük yörüngesinin eğimi yüksek duyarlılık astrometri (Hipparcos) verisinin kullanılması ile elde edilmiştir. Düzeltilmiş astrometrik parametreler Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen düzeltilmiş paralaks,  $\varpi$ , 73.6 pc uzaklığı göstermektedir. Tablo 1'de verilen büyük yörüngeye ait astrometrik veriler Burden tarafından türetilen tayfal gözlemlerle elde edilen parametrelerle birleştirmizde, cd yörüngesinin eğimini 29°.1 olarak bulduk. cd yıldızlarının kütleleri sırasıyla 0.57 ve 0.41  $M_{\odot}$  olarak hesaplanmıştır. Bu çözüm The Fourth Catalogue of Interferometric Measurements of Binary Stars (Hartkopf ve ark. 2001) kataloğu ile denetlenmiştir ve aynı zamanda Yakut ve ark. (2003) yapmış oldukları fotometrik çalışmalarıyla uyumlu olduğu görülmektedir.

### 4. Kaynaklar

- Bachmann, P.J., ve Hershey, J.L., AJ, 80, 236, 1975.
- Burden, S.C., ApJ., 317, 333, 1987.
- Gehlich, U.K., Prolss, J., ve Wehmeyer, R., A&A, 18, 477, 1972.
- Hartkopf, W.I., Mason, B.D., Wycoff, G.L., ve McAlister, H.A., *The Fourth Catalogue of Interferometric Measurements of Binary Stars*, <http://www.ad.usno.navy.mil/wds/int4.html> 2001.
- Hoffmeister, C., AN, 253, 193, 1934.
- Hwirmak, B.J., ApJ., 290, 696, 1985.
- Irwin, J., ApJ., 116, 211, 1952.
- Perryman, M.A.C., *The Hipparcos Catalogues*, ESA-SP1200, 1997.
- Pan, L., ve Cao, M., Ap&SS, 259, 285, 1998.
- Ribas, I., Arenou, F., ve Guinan, E.F., A&A, 123, 2033, 2002.
- Yakut, K., Ibanoglu, C., Kalomeni, B., ve Degirmenci, Ö.L., A&A, 401, 1095, 2003.
- Zejda, M., *özel iletişim*, 2004.