

GENÇ OB YILDIZI OLAN V2107 CYGNI DİZGESİNİN ANALİZİ

Şeyda ŞEN¹

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri, Bornova İZMİR
(eposta: senseydastar@gmail.com)

Özet: Büyük kütleli yıldız bulunduran, parlaklık değişimleri Hipparcos uydusu ile belirlenen V2107 Cyg yıldızının ışıkölçüm ve tayfsal gözlemlerinin yapılması planlanmıştır. Işık ve dikine hız eğrilerinin analizi ile bileşen yıldızların kütle, yarıçap, etkin sıcaklık ve ışıtmalarının bulunması amaçlanmıştır. Gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi ve Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde yapılmıştır. Hava koşullarının elverişsiz olması nedeniyle V2107 Cyg örten çiftinin UBV ışık eğrileri elde edilmiştir. TUG'dan alınan gözlem gecelerinde zayıf hava koşulları nedeniyle yalnız bir tayf alınabilmektedir. Işık eğrileri analiz edilmiş, daha önceki tayfsal veriler ile birleştirilerek bileşenlerin salt öğeleri belirlenmiştir. Bulunan salt parametreler kuramsal modellerle karşılaştırılmıştır. Bu modellere göre baş yıldız çekirdeğinde hidrojen yakma evresinin sonuna yaklaşmış görünürken, yoldaş yıldız hidrojen yakmaya yeni başlamış görünmektedir. Dizgenin tutulmalar dışındaki parlaklık değişimi incelenerek baş yıldızın β Cephei türü bir değişen olduğu sonucuna varılmıştır. Baş yıldız 3.68 saat dönem ve 0.03 kadir genlikli bir zonklayan yıldızdır.

1. Giriş

Büyük kütleli yıldızlar evrenin önemli bileşenlerindedir. Onların derinlemesine araştırılması evreni anlamamıza büyük katkı sağlar. Büyük kütleli yıldızlar helyumdan daha ağır elementlerin üretim yerleridir. Evrimlerinin son aşamalarında gerek yıldız rüzgarlarıyla gerekse süpernova patlamalarıyla buldukları ortamı kimyasal olarak ağır elementlerce zenginleştirirler. Buradaki yeni elementler, gelecek nesil yıldızların, onların gezegenlerinin hatta belkide o gezegenlerdeki yaşamın oluşumunda rol alırlar. Büyük kütleli yıldızlar gökadanın kimyasal evriminde kritik rol oynarlar çünkü oluşan ağır elementlerin tekrar kullanılması onların bulunduğu çevredeki maddeyi etkiler. Büyük kütleli yıldızların yaşam süresi çok kısa olduğu için elementlerin tekrar kullanılma işlemi oldukça hızlı bir süreçtir. Ek olarak, büyük kütleli yıldızlar, yoğun ışıtmaları, yaşamlarının sonlarında geçirdikleri süpernova patlaması, yıldız rüzgarları, kütle atımı olayları ile kozmik evrimi de büyük ölçüde etkilerler. Bu etkiler gökadanın en önemli madde karışım kaynaklarıdır. Diferansiyel dönme ve çalkantı galaktik dinamoyu sürdürür. Süpernova şoku ile karşılıklı etkileşimden dolayı gökada manyetik alanı üretilir, kozmik ışınlar hızlanır. Kozmik ışınlar, UV ışınımı ve çalkantının yayılımı yıldızlararası ortamın ısınmasını sağlayan başlıca kaynaklardır ki burada tozda bulunan ağır elementler, moleküller, atomik/iyonik formlar yıldızlararası ortamın soğumasından sorumludur. Bu patlamalar komşu gökadalardan içine giren en önemli enerji kaynaklarıdır. Bu enerji ile gökadanın tedirgin olan bölgelerinde yıldız doğumları, yıldızların kaçması gibi olaylar görülebilir. Büyük kütleli yıldızlar, yıldız oluşum süreçlerinden (Bally et al., 2005) başka gökadalardan fiziksel, kimyasal ve morfolojik yapılarında da oldukça etkilidir (Kennicutt 1998,2005). Büyük kütleli yıldızlar ağır elementlerin ve UV ışınımının temel kaynaklarıdır. Uzak evrende, çok genç gökadalardan UV ışınımında büyük kütleli yıldızlar baskın rol oynarlar (Steidel et al. 1996; Pettini et al. 2000).

2. V2107 Cygni

2.1 Tarihçe

V2107 Cygni (=BD+36°3900=HD 191473=HIP99246) sağ açıklık (RA)_(J2000) ^(h m s) = 20 08 45.77, Dik Açıklık (DEC)_(J2000) ^(° ' ") = +37 14 13.36 gökyüzü koordinatlarında yer almaktadır. Yıldızın, U rengi parlaklığı 8^m.04, B rengi parlaklığı 8^m.64, V rengi parlaklığı 8^m.58'dir.

V2107 Cygni bir tayfsal çift olarak bulunmuş ve ilk tayfsal gözlemleri Mercier (1957) tarafından yapılmıştır. Yörünge dönemi 4.2876 gün bulunmuş ve tayf türü B0.5V olarak sınıflandırılmıştır. Tek çizgili bir tayfsal çift olan V2107 Cyg'nin baş yıldızının dikine hız eğrisinden yörünge dışmerkezliği 0.0447 belirlenmiş ve kütle fonksiyonu da 0.535 M_o tahmin edilmiştir. Daha sonra Trimble ve Thorne (1969) yıldızın bir dizi tayfını almış ve analiz etmiştir. Bu çalışma ile baş yıldızın tayf türü B0.5V, yörünge dönemi 4.2876 gün, baş yıldızın kütlesi 15 M_o , yoldaşın minimum kütlesi de 6.2 M_o bulunmuştur. İlk kez Boulon (1957), aldığı birkaç tayf ile yıldızın parlaklığının da değiştiğine işaret etmiştir. Roman (1951) yıldızın uzaklık modülünün 11.8 kadir, tayf türünün de B0.5III olduğunu belirtmiştir. Yıldızın görünür parlaklığındaki değişme ancak Hipparcos uydusu ile ortaya çıkartılabilmektedir (Perryman 1997, van Leeuwen 2007). Kazarovets et al. (1999) yıldızı GCVS kataloğundaki belirteçlere göre V2107 Cyg olarak adlandırmıştır. Malkov et al.(2006) parlaklık değişim türünü β Lyr olarak sınıflandırmış, genliği de 0.18 kadir vermiştir. Büyük kütleli yıldız bulunduran bu dizgenin Hipparcos gözlemleri dışında ayrıntılı çok renk ışıkölçümü bulunmamaktadır.

Orta band ışık ölçümleri Comerón et al. (1993) tarafından Cygnus bölgesinin ve seçilen OB tayf türü yıldızların *uvby* fotometrileri sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada yıldızın Cygnus OB1 oymağı üyesi olduğu, gökada koordinatları ($l = 74^\circ.18$, $b = 2^\circ.37$), tayf türü de BOIV olarak belirtilmiştir. Monet (1979) çalışmasında dokuz kısa dönemli, tek çizgili tayfsal çift olan büyük kütleli yıldızları incelemiştir.

Yıldıza ait sıcaklık çalışması Gulati et al. (1989) çalışmasında verilmiştir. Bu çalışmada sıcaklık 3 yöntemle belirlenmiştir. İlk yöntem $\log T_{\text{eff}}$ ve Q_{UV} kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan renk ölçeği kızıllaşmadan bağımsız olduğu için avantajlıdır. Ama buradaki renk ölçeği c ye bağlıdır bu da bölgeden bölgeye değişir. Cyg OB1 bölgesindeki V2107 Cyg için bulunan sıcaklık 22400 ± 2500 K dir. İkinci yöntem $\log T_{\text{eff}}$ ve (m1965-V₀) ilişkisini kullanmıştır. Buna göre bu renk ölçeği erken tür yıldızlar için iyi bir sıcaklık belirteçidir. Referans yıldızlar için $\log T_{\text{eff}}$ 'e karşı (m1965-V₀) noktalanmıştır. Bu yöntemle V2107 Cyg için bulunan sıcaklık 22400 ± 2000 K dir. Üçüncü yöntem $\log T_{\text{eff}}$ ve (B-V)₀ ilişkisidir. Erken tür yıldızlar için bu renklerin sıcaklık hassasiyeti az olmasına karşın (B-V)₀ iyi bir sıcaklık belirteçidir. Son yöntem için bulunan sıcaklık 22300 ± 2150 K dir. Comerón et al. (1993) orta band ışık ölçümden sıcaklık belirlemesi yaptığımızda belirlenen sıcaklık 24811 K dir. Bu çalışmada kullanılan sıcaklık bu sıcaklıkların ortalaması olup 23 600 K dir.

2.2 Gözlemler ve İndirgemeler

Bu yıldızların hem ışıkölçümünü hem de tayf gözlemlerini yapabilmek için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin (TUG), 1.0 m ayna çaplı T100 teleskobuna ve 1.5 m ayna çaplı RTT150 teleskobuna bilimsel proje olarak sunulmuş. Ayrıca EGE Üniversitesi Gözlemevi 40 cm ayna çaplı T40 teleskobunda da gözlemler gerçekleştirilmiştir. Yapılan gözlemler 15 Eylül 2010 - 30 Kasım 2011 tarihleri arasında Johnson U, B, V süzgeçleri kullanılarak yapılmıştır. V2107 Cyg için 20 gözlem gecesi T100 teleskobunda, 15 gözlem gecesi T40 teleskobunda olmak üzere toplamda 35 gecelik gözlem verisi bulunmaktadır. Dizge ile parlaklık ve renk bakımından uygunluk gösteren CCD de aynı çerçeve de yer alan yıldızlar arasından yıldızlar seçilmiştir.

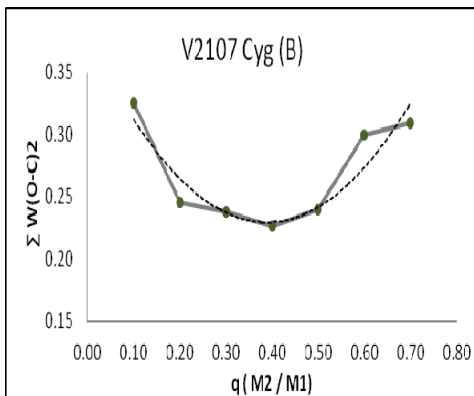
O-C analizi için yeterli veri bulunmadığından gözlemlerin analizinde HIPPARCOS kataloğundan elde edilen T_0 ve P kullanılmıştır. Işık eğrisi analizinde kullanılan Wilson-Devinney programında dönem düzeltmesi parametresi serbest bırakılarak çözümler yapılmıştır. Analizde kullanılan $T(HJD)$, (1) eşitliğinde belirtilmiştir.

$$T(HJD) = 2448502.442 + 4^s.28463 \times E \quad (1)$$

Gözlemlerden elde edilen veriler ön indirgeme yapıldıktan sonra analiz için hazır hale gelirler. V2107 Cygni dizgesi için de öncelikle mukayese ve referans yıldızlarında değişim olup olmadığı araştırılmıştır. Kullanılan referans, mukayese 1 ve mukayese 2 yıldızlarının değişim göstermedikleri kesin olarak belirlenmiştir. Işık eğrisindeki değişimin tamamen yıldızın bünyesel değişiminden olduğu görülmüştür. V2107 Cygni dizgesinin analizinde Wilson-Devinney (WD, Wilson ve Devinney, 1971) bilgisayar programı kullanılmıştır. V2107 Cygni dizgesi ayrık modda çözülmüştür.

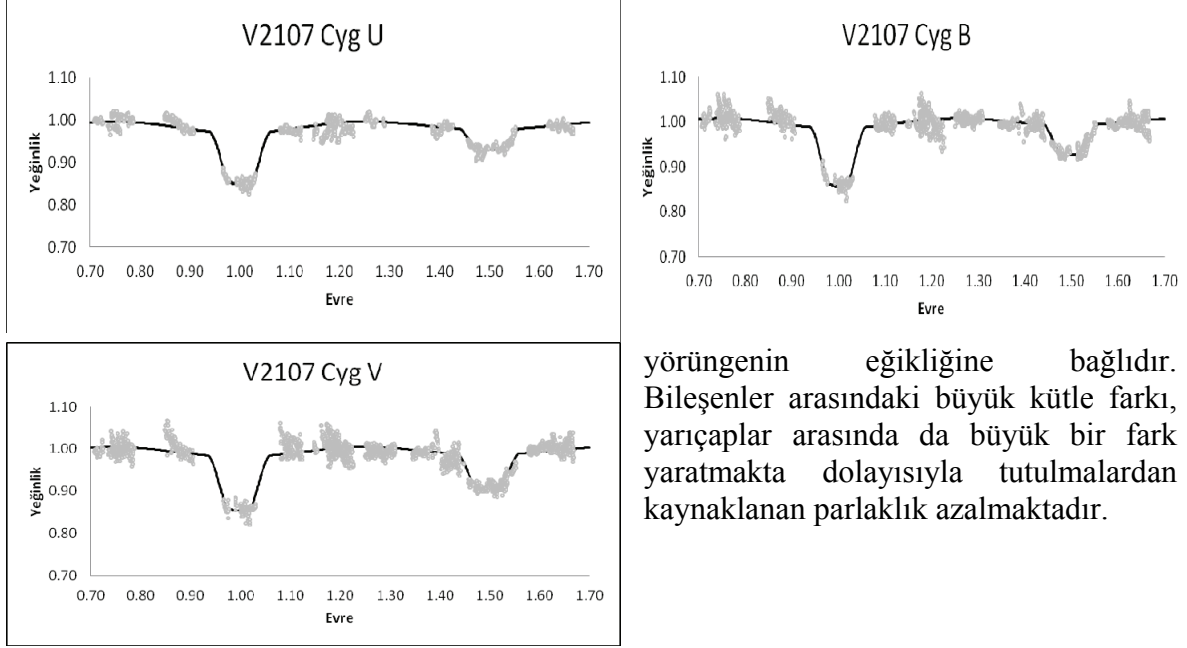
2.2.1 q (kütle oranı) taraması

Wilson-Devinney sentetik ışık eğrisi yöntemi, kuramsal eğriyi Roche geometrisine göre hesaplamaktadır. Hesaplanan bu ışık eğrisi, gözlemlerle karşılaştırılarak parametreler için düzeltmeler bulunmaktadır. Roche geometrisinde bileşenlerin kütle oranı $q = M_2 / M_1$ çok önemlidir. Yöntem küçük düzeltmelerle sonuca yaklaştığı için eğer başlangıç parametreleri gerçek parametrelerden çok uzaksa çözüm bulmak çok zor, hatta bazen olanaksızdır. Bu nedenle q kütle oranı başlangıç parametresinin, gerçeğe yakın bir değerde seçilmesi gerekir. Bu nedenle gerçeğe yakın bir ön q değeri elde edebilmek için q taraması yapılmasına karar verilmiştir. q tarama işlemi B renginde yapılmıştır ve en küçük değer $q = 0.4$ için bulunmuştur.



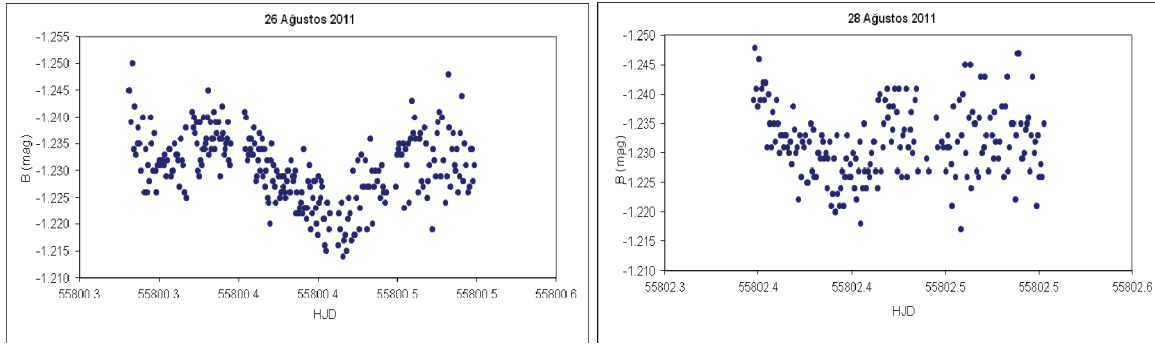
Şekil 1 V2107 Cygni dizgesinin B renginde yapılan q taraması

Bu çalışmada U, B ve V ışık eğrileri ayrı ayrı çözülmüştür. Şekil 2 de U, B ve V renkleri için bağımsız çözümlerden elde edilen kuramsal ışık eğrilerinin normal gözlem noktalarıyla karşılaştırılması verilmektedir. Bir örten çift yıldızın ışık eğrisinin biçimi bileşenlerin görelî ışıtımlarına, görelî boyutlarına, bileşenler arasındaki uzaklığa ve

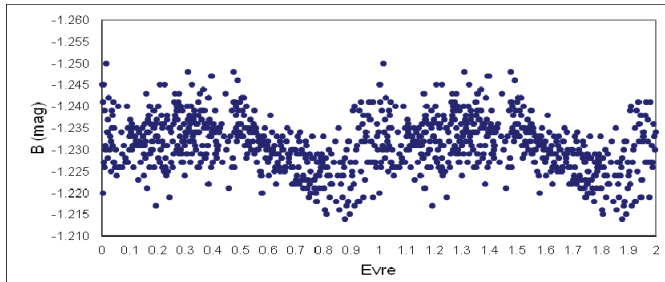


Şekil 2 V2107 Cygni dizgesinin ışık eğrileri. a) U süzgeci , b) B süzgeci, c) V süzgeci değişimi

V2107 Cygni ışık eğrisindeki süreklilikteki saçılmaları incelemek için tutulmalar atılıp geri kalan değişimlere gece gece bakılmıştır. 26 Ağustos 2011 ve 28 Ağustos 2011 tarihlerinde değişim saptanmıştır.



Şekil 3. 26 ve 28 Ağustos 2011 tarihindeki Δm_B parlaklığındaki gözlem noktaları



Şekil 4 Δm_B parlaklığındaki evreye karşılık gözlem noktaları

yörünge eğikliğine bağlıdır. Bileşenler arasındaki büyük kütle farkı, yarıçaplar arasında da büyük bir fark yaratmakta dolayısıyla tutulmalardan kaynaklanan parlaklık azalmaktadır.

Bu gözlem geceleri için bir değişim olduğu açıkça görülmektedir. Bu yıldızın zonklamasından kaynaklanabileceği düşüncesiyle frekans analizi yapılmıştır. B süzgecinden elde edilen 479 gözlem noktasının frekans analizinin sonucunda dönemi; $P = 3^h.6818 \pm$

0.0593 olan değişim saptanmıştır. Gerek yıldızın ön B tayf türünden bulduğumuz olması, gerekse dönemin β Cephei zonklama dönemi aralığına düşüyor olmasından dolayı V2107 Cygni β Cephei yıldızı olabilir. β Cephei yıldızları B0 - B2.5 tayf türü aralığındadırlar. Dönemleri 2.5–8 saat, kütleleri 8–18 M_{\odot} aralığındadır.

3. Sonuçlar

OB yıldızları arasında kütle, yarıçap, etkin sıcaklık gibi temel parametreleri belirlenenlerin sayısı azdır. Hem yıldızların sayılarının azlığından hem buldukları çevrenin gözlemi olumsuz etkilemesinden dolayı bu parametreleri duyarlılıkla belirlemek zordur fakat bu aynı zamanda çok önemlidir

Çizelge 1 V2107 Cygni yıldızının U, B ve V renklerindeki ışık eğrisi çözüm sonuçları

Parametre	U	B	V
q	0.4	0.4	0.4
$i (^{\circ})$	83.968	82.904	83.741
$T_1(K)$	23600	23600	23600
$T_2(K)$	15849	15823	17903
Ω_1	3.942	4.050	3.933
Ω_2	5.341	5.256	5.123
L_1/L_T	0.959	0.942	0.925
L_2/L_T	0.041	0.058	0.075
g_1, g_2	1.0, 1.0	1.0, 1.0	1.0, 1.0
A_1, A_2	1.0, 1.0	1.0, 1.0	1.0, 1.0
X_1, bol, X_2, bol	0.500, 0.500	0.766, 0.763	0.766, 0.763
X_1, X_2	0.487, 0.499	0.453, 0.545	0.435, 0.464
$\langle r_1 \rangle$	0.2870 \pm 0.0017	0.2775 \pm 0.0019	0.2889 \pm 0.0030
$\langle r_2 \rangle$	0.0992 \pm 0.0005	0.1012 \pm 0.0007	0.1054 \pm 0.0011
$\Sigma W(O-C)^2$	0.08651	0.22650	0.50530

V2107 Cygni yıldızının çok renk fotometrisi yapılmış ve elde edilen toplam 8440 gözlem noktası kullanılarak yapılan analizlerden bulunan sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

3.1 Salt Parametreler

V2107 Cygni bir tayfsal çift olarak bulunmuştur (Mercier 1957). Tek çizgili bir tayfsal çift olan V2107 Cyg’nin baş yıldızının dikine hız eğrisinden önceki çalışmalarda çeşitli K_1 değerleri bulunmuştur (bakınız Çizelge 2.1). Bu çalışmada dizgenin çözümü yapılırken bu değerlerin ortalamaları alınarak $K_1 = 106.7$, $E (b - y) = 0.260$ (Comerón et al.1993) olarak kullanılmıştır. Işık eğrisi çözümünden $i = 83^{\circ}.5$, dairesel yörüngeye sahip olduğundan dışmerkezliği $e = 0$ alınmıştır.

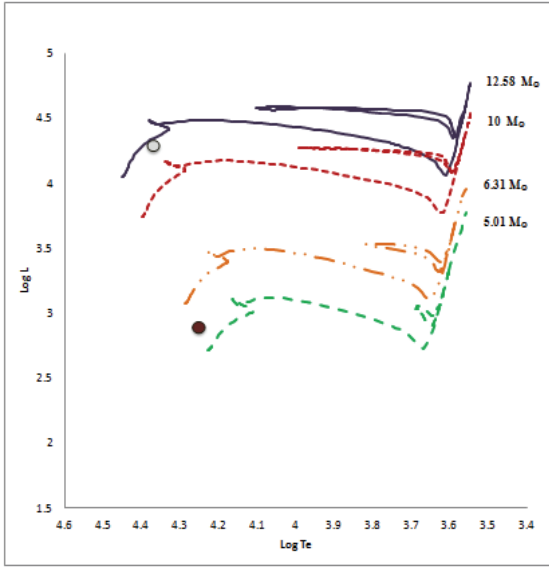
Çizelge 2 V2107 Cygni dizgesinin M_v , $B-V$, Te , BC değerleri.

Tayf Türü	M_v	$B-V$	$Te (K)$	BC
B0	-4.00	-0.30	30000	-3.16
B2	-2.45	-0.24	20900	-2.35
B1.4	-2.91	-0.26	23600	-2.59

Drilling & Landolt (2000) çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda ağırlıklı ortalamalar alınarak Çizelge.2 de belirtilen sonuçlar elde edilmiştir. B1.4V tayf türüne karşılık gelen kütle $12.88 M_{\odot}$, yarıçap $6.19 R_{\odot}$ dir. $M_1 + M_2 = \frac{R_{\odot}^3}{P^2}$ formülünden yarı-büyük eksenin hesaplanan değeri $29.42 R_{\odot}$ dir. Göreli yarıçaplar r_1, r_2 sırasıyla 0.2870, 0.0992 bulunmuş ve yarıçaplar hesaplanmıştır. V2107 Cygni dizgesinin temel parametreleri Çizelge 3 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 V2107 Cygni yıldızının temel parametreleri

Parametreler	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$M (M_{\odot})$	12.88	5.76
$R (R_{\odot})$	8.44	2.92
$T (K)$	23600	17900
$L (L_{\odot})$	19526	785
$M_{Bol}(\text{mag})$	-5.99	-2.91
$\text{Log } g \text{ (cgs)}$	3.69	4.26
$d \text{ (pc)}$	1540	



Şekil 5 V2107 Cygni için birinci bileşen ve ikinci bileşenin evrim yolları

$12.88 M_{\odot}$, evrim yolunda düz çizgi ile gösterilen $12.58 M_{\odot}$ eğrisine oturmaktadır. İkinci bileşen için ise analiz sonucunda $5.76 M_{\odot}$ bulunmuştur. Bu bileşende $6.31 M_{\odot}$ ve $5.01 M_{\odot}$ eğrilerinin ortasındadır. Baş yıldız anakoldan ayrılma noktasına yakın iken küçük kütleli bileşen çekirdeğinde hidrojen yakmaya yeni başlamış bir yıldız olarak görünmektedir.

V2107 Cygni dizgesinin uzaklığını hesaplamak için; yıldızın V rengi parlaklığı (8.559) ve birinci bileşenin toplam ışıtmaya katkısı (0.925) kullanılmıştır. Uzaklık modülü formülünden uzaklık 1540 pc bulunur.

4. Değerlendirme ve Tartışma

V2017 Cygni örten çift yıldızı Cygnus OB1 oymağının bir üyesidir. Örten çift özelliği Hipparcos uydusu ile bulunmuştur. İlk kez yer konuşlu teleskoplar ile U, B ve V bandlarında ışık eğrileri bu çalışma ile elde edilmiştir. Tutulmadan kaynaklanan parlaklık değişimi oldukça az olup 0.1 kadir dolayındadır. Tutulma dışında geceden geceye parlaklık değişimi gözlenmiştir. Bu değişimlerin dönemli olup olmadığı araştırılmış ve 3.68 saat dönemli ve 0.03 kadir genlikli bir değişim bulunmuştur. Bu değişim, dönem ve yıldızın tayf türüne bakılarak β Cephei türü zonklamaya bağlanmıştır. Bizim bulduğumuz değişim dönemi ve genliği V2107 Cyg yıldızının baş yıldızının β Cephei türü bir değişen olduğunu göstermektedir. V2107 Cygni örten çiftinin U, B ve V bandı ışık eğrilerinin analizi ile bileşenlerin salt öğeleri bulunmuştur. Tek çizgili bir tayfsal çift olan bu dizgenin ışık eğrilerinin analizi ve baş yıldızın dikine hız eğrisi kullanılarak her iki bileşenin kütleleri belirlenmiş ve bu kütelere sahip yıldızların evrim yolları ile karşılaştırılmıştır. Belirlediğimiz kütleler kuramsal modeller ile uyumaktadır. Baş yıldız anakoldan ayrılma noktasına yakın iken küçük kütleli bileşen çekirdeğinde hidrojen yakmaya yeni başlamış bir yıldız olarak görünmektedir. Dizgenin uzaklık hesabı yapılmış ve 1540 pc bulunmuştur.

5. Kaynaklar

Andersen, J., 1991 A&ARv 3, 91.

Comerón, F., Torra, J., Jordi, C. and Gomez, A.E., 1993, A&ASS, 101, 37.

Claret, A., 2004, A&A, 424, 919.

Gulati, R. K., Malagnini, M. L. and Morossi, C., 1989, A&AS, 80, 73.

Kennicutt, R.C., 1998, Annu. Rev. Astron. Astrophys, 36, 189.

Kennicutt, R.C., 2005, IAUS, 227, 3.

Mercier, J.P., 1957, JO, 40, 12.

Monet D.G., 1979, PASP, 91,95.

Pettini, M., Steidel, C.C., Adelberger, K.L., Dickinson, M. and Giavalisco, M., 2000, ApJ 528, 96.

Roman, N. G., 1951, ApJ, 114, 492.

Steidel, C.C., Giavalisco, M., Pettini, M., et al., 1996, ApJL 462, L17.

Trimble, V. L. and Thorne, K.S., 1969, ApJ, 156, 1013.

