

Be/X-IŞIN SİSTEMLERİNE GENEL BAKIŞ: GRO J2058+42 SİSTEMİNİN TAYFSALGÖZLEMLERİ

Mehtap Özbey, Ümit Kızıloğlu

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü
<http://astroa.physics.metu.edu.tr/>

ÖZET

Bu çalışmada GRO J2058+42 Be/X-ışın sistemi optik bileşeninin Mayıs 2006-Haziran 2008 yılları arasında 1.5 metrelik Rus-Türk teleskopunun TFOSC tayçekerisiyle yapılan tayfsal gözlemleri yer almaktadır. Tüm tayflarda salma profili göstren H α salma çizgisi, Be yıldızının etrafındaki diskin X-ışın patlamasından sonraki dönemde de varolduğunu göstermektedir. Sistemin son X-ışın patlaması sırasında yapılan gözlemler diskin H α salma çizgisi üreten dış bölgesinin yoğunluğunun arttığını işaret etmektedir. Ayrıca eşdeğer genişlik değerlerindeki değişimin , optik parlaklıktaki değişimle korelasyon içinde olduğu bulunmuştur. Kaynak aynı zamanda disk içindeki yüksek yoğunluklu bir bölgenin devinimi sonucu oluşan V/R değişimleri göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Be/X-ışın çiftleri, H α salma çizgisi, V/R değişimleri, tayfsal analiz

ABSTRACT

In this study the observations of the optical counterpart to the Be/X-ray binary system GRO J2058+42 , taken with Russian-Turkish 1.5 m telescope and its medium resolution spectrometer TFOSC between May 2006 and June 2008, are presented. The H α emission lines which was presented in all spectra pointed out that the circumstellar disk of the optical companion existed during and after the last X-ray activity of the system. Furthermore, the spectra of the source

show clear evidence for the changes in the ratio of the double peaks of H α emission line indicative of the precession of the high-density regions confined in the disk.

Keywords: Be/-ray binaries, H α emission lines, V/R variations, spectral analysis

1. GİRİŞ

Yüksek kütleli X-ışın çiftlerinin en kalabalık üyesi olan Be/X-ışın çiftleri, Roche lobunu henüz doldurmamış Be tipinde büyük kütleli bir yıldız ve nötron yıldızından oluşmaktadır. ‘Be’ tip adlandırılması yalnızca spektral tipi B olan yıldızlar için değil, tayfında salma çizgileri gösteren veya göstermiş, kırmızıöte bölgede oldukça büyük bir artığa sahip, süperdev olmayan erken tip yıldızlar için kullanılan genel bir terimdir (Slettebak 1978). Be tip yıldızlar kritik hızlarının neredeyse 0.8 ‘i katı bir dönme hızına sahiptirler. Hızlı dönme özelliğinin asıl sebebi bilinmemekle birlikte, anakoldaki yaşamları sırasında açısal momentumlarının evrimleri nedeniyle yıldızın dış katmanlarının daha hızlı hareket ettiği düşünülmektedir (Heger ve Langer 2000). Be yıldızlarının bir diğer önemli özelliği de salma çizgilerinin ve kırmızıöte artığın üretildiği yer olan ve yıldızın ekvator bölgesinde yer alan yoğun diskin varlığıdır. Yıldızdan atılan maddeler tarafından beslenen kepler disklerinden oluşmuş bu yapı, açısal momentumun iç diskten dış bölgelere akışkanlık yoluyla transfer edildiği akışkan disk modeline göre açıklanmaktadır (Lee ve diğ. 1991, Okazaki 2001). Be/ X-ışın çiftlerinde görülen X-ışınımı ise diskteki maddenin nötrona yıldızına atılmasıyla oluşan, geçiçi pulsarlardır ve iki türdür. **i)**Normal patlamalar (tip I); genellikle periyodik ve küçük X-ışın patlamalarıdır ($L_x \sim 10^{36}-10^{37}$ erg/sn). **ii)**Dev patlamalar (tip II); büyük X-ışınımı sahip ve orbital modülasyon göstermeyen patlamalardır.

198 sn dönme periyodu ve 55.04 gün dolanma periyoduna sahip bir X-ışın pulsarı olan GRO J2058+42, 1995 yılındaki dev X-ışın patlaması sırasında Compton Gama Işın Uydusunun (CGRO) Batse dedektörü tarafından keşfedilmiştir (Wilson ve diğ., 1996). Keşfedildikten sonra 2002 yılına kadar, sistemde toplam beş küçük X-ışın patlaması kaydedilmiştir. Yaklaşık üç ay öncesine kadar X-ışında sessiz bir dönemde olan sistem, Mayıs 2008’deki 13-50 keV enerji aralığındaki 13 mcrab’lık tip I patlamayla bu sessizliği bozmuştur. Sistemin optik bileşeni O9.5-BO tayf türünde,

ışınım sınıfı IV-V aralığında bulunan ve tayfında çift tepeli H α ($\lambda 6562.8$ Å) salma çizgisi gösteren bir yıldızdır (Wilson ve diğ., 2005). Uzun dönemli optik gözlemler, yıldızda radyal olmayan 2.404 gün^{-1} frekansında bir pulsasyonun var olduğunu göstermiştir (Kızıloğlu ve diğ., 2007).

2. GÖZLEMLER VE ANALİZ

Sistemin Mayıs 2006-Haziran 2008 gözlemleri 1.5 metrelik Rus-Türk teleskobunun orta dereceden ayırma gücüne sahip TFOSC tayfçekerisiyle yapılmıştır. Gözlemsel detaylar Tablo 2.1'de yer almaktadır. Tayf için kullanılan grismlerin duyarlı oldukları dalgaboyu aralıkları ve ayırma güçleri sırasıyla: grism G7 3850-6850 Å'de ~ 1.5 Å/pixel, grism G8 5800-6300 Å'de ~ 1.1 Å/pixel, grism G14 3275-6100 Å'de ~ 1.4 Å/pixel ve grism G15 3300-9000 Å'de ~ 3 Å/pixel şeklindedir.

Tayfsal analiz MIDAS programının LONGSLIT paketiyle yapılmış, tayftaki çizgilerin eşdeğer genişlik ve yarı yükseklikteki tam genişlik değerleri ise programın ALICE içeriğiyle hesaplanmıştır.

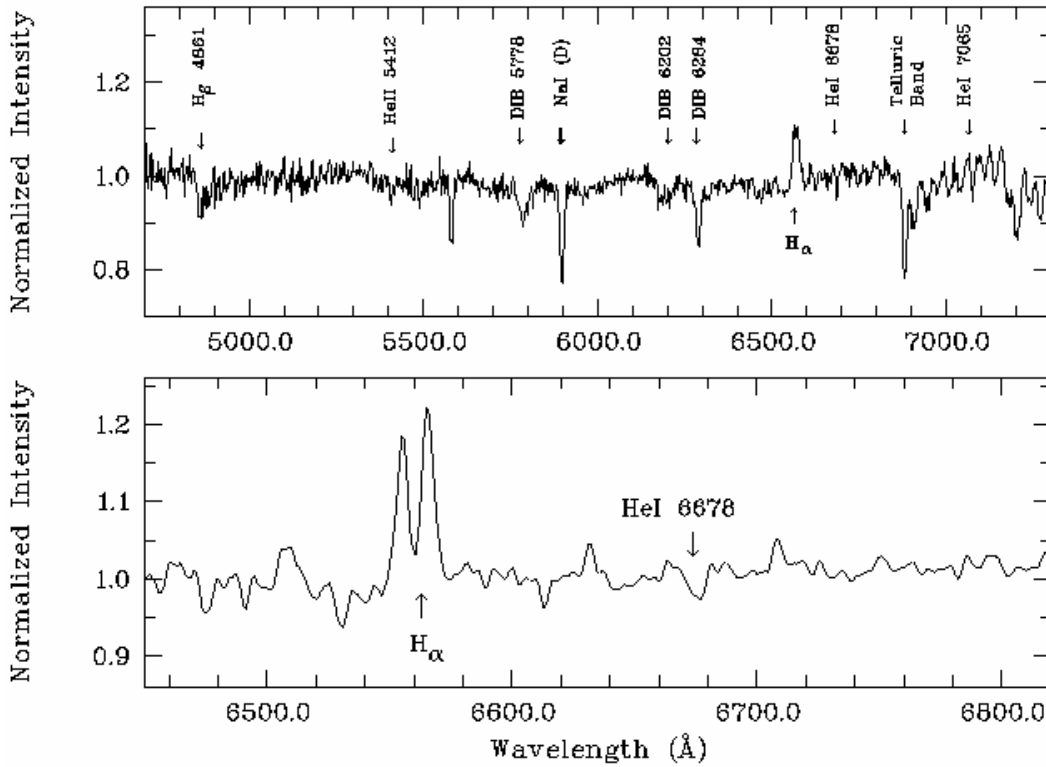
Date	MJD ^a	Grism	Exp. (s)	Slit (μ)
2006 May 23	53878	G7	4×600	54
2006 July 29	53945	G7	2×1200	54
		G8	2×1800	54
		G15	1800	54
2006 August 19	53966	G8	1800	67
		G14	1800	67
2006 September 26	54004	G8	1800	67
		G14	3600	67
2007 June 14	54265	G8	2400	67
2007 December 14	54448	G8	2400	67
2007 December 19	54453	G8	2400	67
2008 May 12	54598	G8	2400	67
2008 June 19	54636	G8	2400	67

^aModified Julian Date = JD (Julian Date) - 2400000.5

TABLO 2.1 : GRO J2058+42 sistemi optik bileşenine ait gözlemsel detaylar.

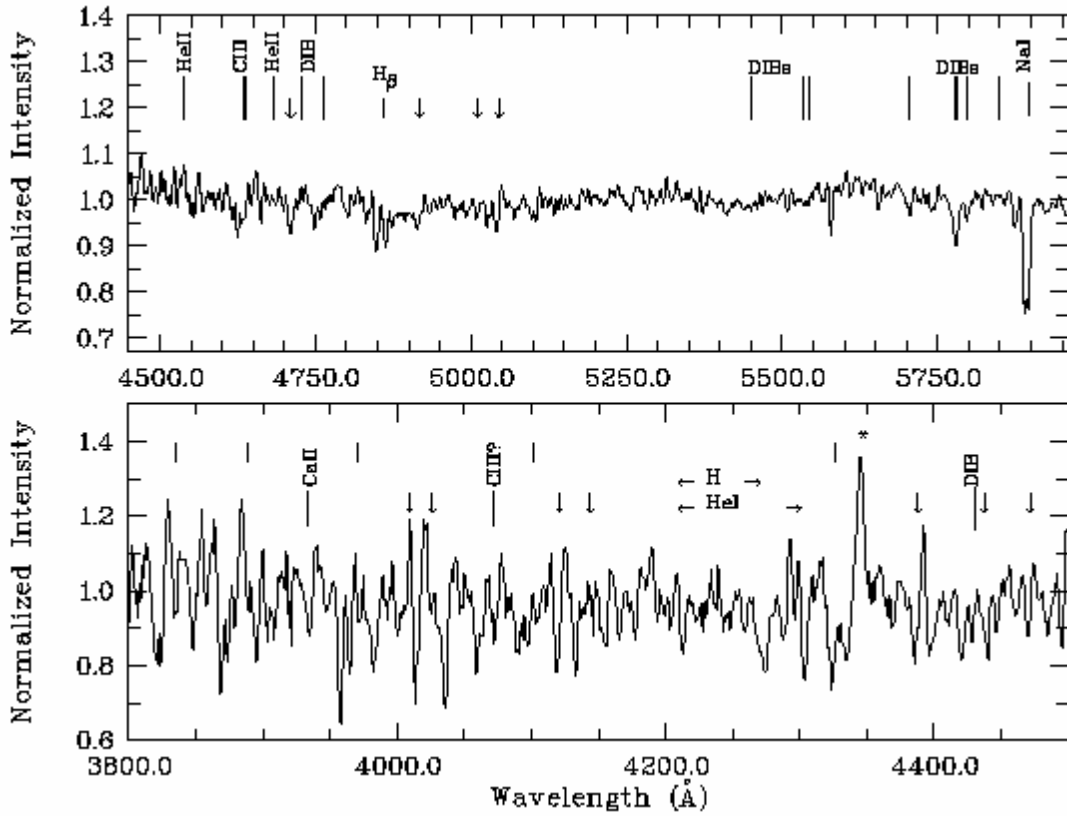
3. TAYFSAL ÇİZGİLERİN TANIMLANMASI

Kaynağın tayflarındaki en belirgin yapı diskini varlığını kanıtlayan çift tepeli görünümdeki $H\alpha$ salma çizgisidir. Bunun dışında HeI $\lambda\lambda 6678$ ve 7065 \AA çizgileri merkezi soğurması derin çift tepeli salma profilindedir (Şekil3.1). Bunun dışında diğer $\lambda\lambda 4026, 4121, 4144, 4387$ ve 4471 HeI çizgileri soğurma olarak görülmektedir (Şekil3.2).



ŞEKİL 3.1: Kaynağın uzun bant (grism G15, üst panel) ve orta ayırma güçlü (G8, alt panel) tayfları.

O tayf türünden yıldızlarda baskın bir şekilde görülen HeII $\lambda\lambda 4541, 4684$ ve 5412 çizgileri, GRO J2058+42 sistemi optik bileşeninin tayfında soğurma şeklinde görülmektedir. Ayrıca tayfin mavi bölgesinde Hidrojen Balmer serisi çizgileri kolayca ayırtelebilmektedir. Orta ve uzun bant tayflarda yer alan yaygın yıldızlarası soğurma bantları (DIB) en güçlü çizgiler arasında yerini almaktadır.



ŞEKİL 3.2: Kaynağın orta bant (grism G7, üst panel) ve mavi bölge tayfları (grism G14, alt panel). Balmer serisi çizgileri kısa dikey çizgilerle, HeI çizgileri aşağı yönlü oklarla ve kozmik ışınlar yıldız (*) ile gösterilmiştir.

4. H α SALMA ÇİZGİSİ ve V/R DEĞİŞİMLERİ

Yaklaşık 2 yıllık gözlem süresi boyunca salma profili gösteren H α çizgisi, sistemin optik bileşeninin diskinin valduğunu göstermektedir. Eşdeğer genişlik değerinde gözlenen artma diskin H α üreten (dış disk) bölgesinin yoğunluğundaki artışın bir sonucudur. Tablo 4.1 H α salma çizgisine ait bazı ölçümleri içermektedir. Salma çizgisinin tayfın mor tarafındaki (V) ve kırmızı tarafındaki (R) tepeleri arasındaki hızını belirten ΔV (tepe ayrıklık hızı) Doppler formülü kullanılarak elde edilmiş ve izdüşümsel dönme hızı $V \sin(i)$ Buscombe (1969) yaklaşımından yararlanılarak bulunmuştur. Bu yaklaşıma göre,

$$V \sin(i) = \frac{FWHM}{2\lambda_0 \sqrt{\ln 2}} \times c$$

λ_0 çizginin laboratuvar dalgaboyunu, FWHM çizginin yarı yükseklikteki tam genişlik değerini ve c ışık hızını belirtmektedir. $V \sin(i) = 357.67 \pm 67$ km/sn,

$\Delta V=394.39$ km/sn olarak bulunan ortalama izdüşümsel dönme hızı ve tepe ayrıklığı hızı, Huang yasasına (1972) uygulandığında,

$$\frac{R_e}{R_*} = \left(\frac{2V \sin(i)}{\Delta V} \right)^2$$

(R_e diskin salma çizgileri üreten bölgesinin yarıçapı, R_* yıldızın fotosferik yarıçapı)

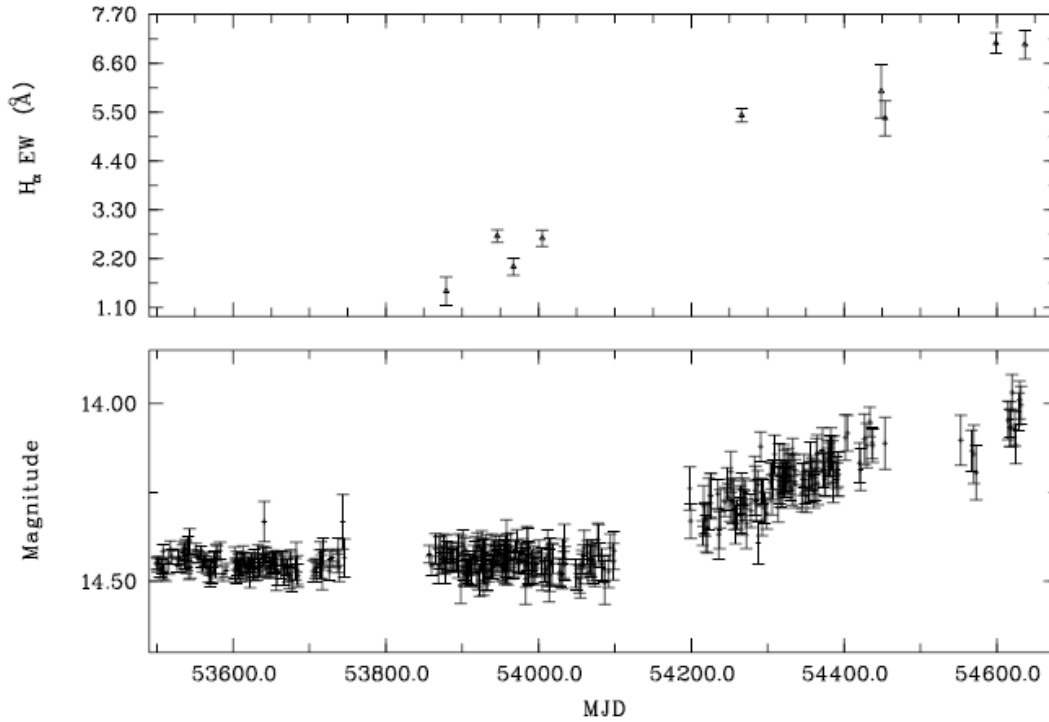
diskin salma çizgilerinden sorumlu olan bölgesinin yıldızın fotosferik yarıçapının yaklaşık 4 katı olduğu hesaplanmıştır ($R_e = 4R_*$).

MJD	EW (Å)	FWHM (Å)	Vsin(i) (Km/s)	ΔV (Km/s)	Profile Shape
53879.03	1.47±0.32	15.70±4.32	432.22±118.93	435.18	V>R
53945.88	2.71±0.14	8.99±3.82	247.49±105.16	459.86	V<R
53967.04	2.02±0.19	12.84±5.01	353.48±137.92	500.55	V<R
54004.78	2.66±0.18	12.85±5.45	353.76±150.04	402.47	V>R
54266.01	5.43±0.15	14.67±6.23	403.86±171.51	336.90	V<R
54448.81	5.97±0.60	13.99±5.94	385.14±163.53	256.45	V<R
54453.69	5.36±0.39	15.27±5.90	420.38±162.43	369.35	V~R
54598.95	7.05±0.23	13.56±2.43	373.30±66.90	-	Single
54637.02	7.02±0.32	9.06±3.52	249.42±96.90	-	Single

Tablo 4.1: H α salma çizgisine ait ölçümler.

Haziran-Eylül 2006 (Mayıs 2006 verisi düşük sinyal görüntü oranı nedeniyle hesaba katılmamıştır) verilerinin eşdeğer genişlik değeri ortalaması 2.46 ± 0.17 Å iken takip eden Haziran-Aralık 2007 ortalaması 5.59 ± 0.38 Å bulunmuştur. Yaklaşık 2 katlık bir artışa denk gelen bu sonuç, aynı zamanda X-ışın aktivitelerinden önce salma çizgilerinin belirgin bir

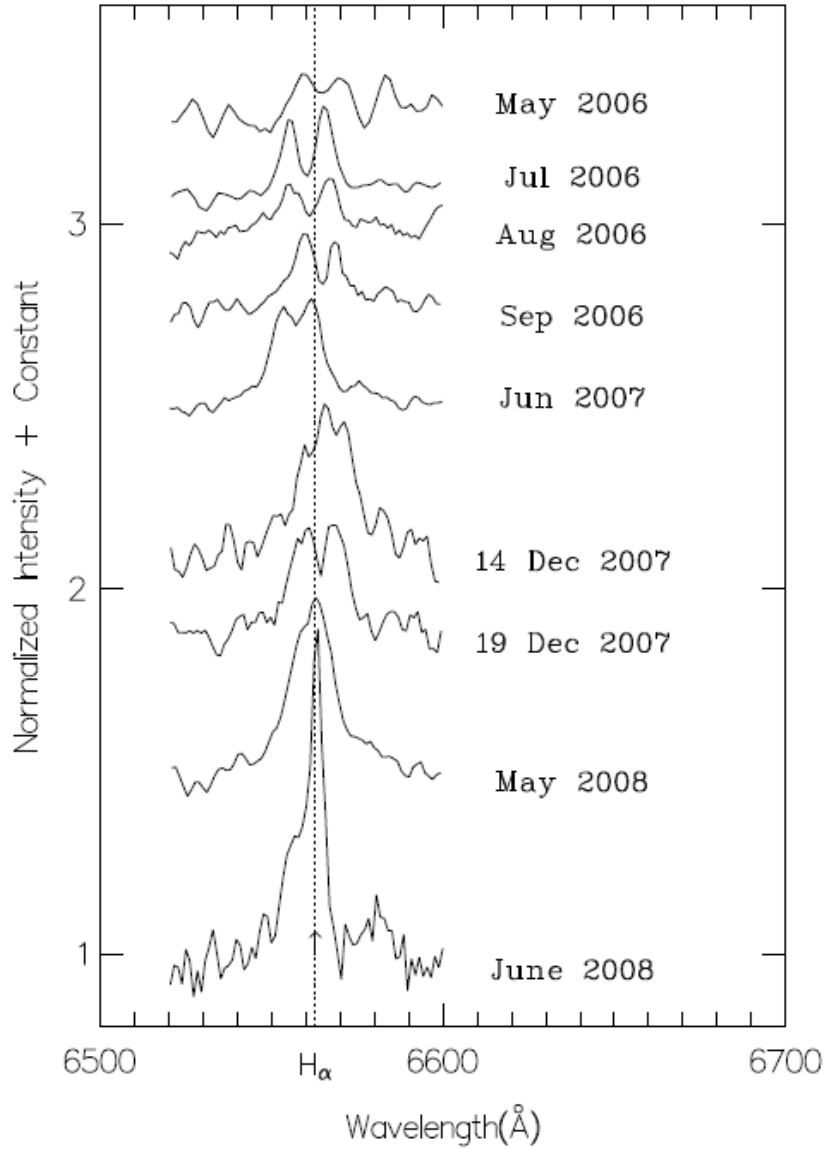
biçimde arttığı gerçeğini de doğrulamaktadır (Okazaki ve Negueruela 2001). Sistemin son X-ışın patlamasını gerçekleştirdiği gece yapılan 12 Mayıs gözlemi salma çizgisinin eşdeğer genişliğindeki artışın aynı oranda devam ettiğini göstermektedir. Yaklaşık bir ay sonrasında da bu değer artmaya devam etmiş ancak yarı yükseklikteki tam genişlik değeri aynı oranda azalmıştır. Başka bir önemli sonuç ise eşdeğer genişlik değerlerindeki bu değişimin, optik bileşenin parlaklık değişimiyle paralel olarak hareket ettiği (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: GRO J2058+42 optik bileşenin parlaklık değişimi ve H α salma çizgisinin eşdeğer genişlik değişimi.

Bu korelasyon diskin salma çizgilerinden sorumlu olan dış bölgedeki madde miktarının arttığı (dolayısıyla yoğunluğunun artması) ve bu artışın eşdeğer genişlik değerinde görülen artmaya neden olduğunun göstergesidir.

Eşdeğer genişlikteki değişimlere ek olarak H α salma çizgisi profili de X-ışın aktivitesinden sonra çift tepeli görünümünü değiştirmiştir (Şekil 4.2). Sistemin X-ışın aktivitesi



Şekil 4.2: H α salma profilinin gözlem süresi boyunca olan değişimi.

gösterdiği tarihte salma çizgisi çift tepeli durumdan tek tepeli duruma geçmiştir. Aktiviteden bir ay sonra da tek tepeli olarak görünmeye devam etmiştir. Aynı zamanda salma çizgisi çift tepeli görünümdeyken de değişimler göstermiştir. Salma çizginin V ve R tepelerinin oranındaki değişim olarak adlandırılan bu durum (V/R değişimi) küresel tek kollu salınım modeliyle (GAOM) açıklanmaktadır (Okazaki 1991, Hanuschik ve diğ., 1995). Bu modele göre disk içinde yer alan yüksek yoğunlulu bir bölgenin devinimi salma çizgisindeki tepelerin görünümünde bir değişime yol açmaktadır. Yüksek yoğunluklu bölgenin hareketinin diskin hareketiyle aynı yönde olduğu kabul edilirse: yüksek yoğunluklu bölge gözlemciye doğru hareket ettiğinde $V > R$, gözlemciden uzaklaşırken $V < R$ şeklindeki

profiller görülecektir. Yüksek yoğunluklu bölgenin yıldızın önünde ve arkasında olduğu her iki durumda da $V=R$ olacaktır.

GRO J2058+42 optik bileşenine ait $H\alpha$ salma çizgisi : $V>R \rightarrow V<R \rightarrow V<R \rightarrow V>R \rightarrow V<R \rightarrow V<R \rightarrow V=R$ sırasıyla bir değişim gösterdiğinden, diskte yeralan yüksek yoğunluklu bir bölgenin varlığından söz etmek mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] Buscombe W., 1969, MNRAS, 144,1
- [2] Hanuschik R. W., Hummel W., Dietle O., Sutoris E., 1995, A&A, 300, 163
- [3] Heger A., Langer N., 2000, ApJ, 554, 1016
- [4] Huang S. S., 1972, ApJ, 171, 549
- [5] Kızıloğlu Ü., Kızıloğlu N., Baykal A., Yerli S. K., Özbey M., 2007, A&A, 470, 1023
- [6] Lee U., Saio H., Osaki Y., 1991, MNRAS, 250, 342
- [7] Okazaki A. T., 1991, PASJ, 43,75
- [8] Okazaki A. T., 2001, PASJ, 53, 119
- [9] Okazaki A. T. ve Negueruela I., 2001, ASPC, 234, 281
- [10] Slettebak A., 1978, SSR, 23, 541
- [11] Wilson C. A., Zhang S. N., Finger M. H., Wilson R. B., Scott M., ve diğ. 1995, IAU Circ., 6283
- [12] Wilson C. A., Strohmayer T., Chakrabarty D., 1996, IAU Circ., 6514