

Bir Kataklişik Değişenin XMM-Newton ile X-ışın Veri Analizi

Mukadder İGĐİ ŞEN*, Gülnur İKİS GÜN ve Füsun LİMBOZ

¹ İstanbul Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Özet Bu çalışmada Kataklişik Değişenlerden biri olan WX Hyi nin, XMM-Newton uydusundan alınan gözlem verileri kullanılarak X-ışın tayf analizi yapılmıştır. XMM-Newton ile gözlem yapıldığı sırada sistem Normal patlamadan iniş sırasındadır, bunun kontrolü AAVSO'nun web sitesindeki optik dalgaboyundaki gözlem verileri alınarak çizdirdiğimiz ışık eğrisinden yapılmıştır. Eğer gaz sıcaklığı 10^7 K den büyükse, o optik olarak ince bir sistemdir ve Termal Bremsstrahlung X-ışın emisyonu yapmaktadır. Analizlerimizden X-ışın yayınlayan plazmanın sıcaklığı 31.1 keV (3.632×10^8 K) olarak hesaplanmıştır. Elde ettiğimiz X-ışın tayfına uyguladığımız XSPEC model fitlerimiz neticesinde, sistemin çok sıcaklıklı plazma emisyonu yaptığı, ayrıca Sınır tabakasında Beyaz Cüce üzerine çökerken, izobarik soğuma akışı ile soğuyan optik olarak ince plazma teorisi ile açıklanabileceği görülmüştür. Bolometrik X-ışın akı değeri $\sim 2.98 \times 10^{-12}$ erg cm⁻² s⁻¹ olarak bulunmuştur. Sınır tabakasının X-ışın lüminosite değeri $\sim 5 \times 10^{31}$ erg/s, Kütle yığılma oranı 4×10^{14} gr/s (6.3×10^{-12} M_☉ /yıl) olarak hesaplanmıştır. Sistem normal patlamadan iniş sırasındadır ve durağan haldeki bazı Kataklişik değişenlerinkine yakın değerler vermektedir.

1 Giriş

Kataklişik Değişenler yarı-ayrık çift sistemlerdir. Birincil bileşen bir Beyaz Cücedir. İkincil bileşen ise Geç tipten bir Anakol yıldızdır. Roche Lobunu doldurmuştur ve L1 Lagrange noktasından Birincil bileşene madde aktarmaktadır. SU UMA yıldızları Kataklişik Değişen Yıldızların alt grubu olan Cüce Novaların bir türüdür. Bunlar, iki süper patlama arasında daha az şiddetli birden fazla sayıda normal patlama göstermektedirler.

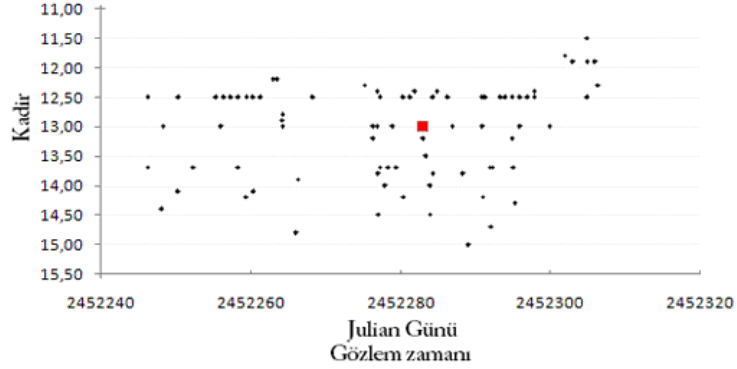
XMM-Newton uydusu üç X-ışını CCD'si (ikisi MOS (Metal Oxide Semiconductor), biri PN) taşımaktadır. Bu iki farklı tip CCD'nin (MOS ve PN) ebatları farklı olsa da görüş doğrultuları ve gözlem alanları aynıdır. EPIC kameraları, yarı yükseklikteki tam genişlik (FWHM) 6" olan bir açısal ayırmaya sahiptir ve 0.15-15 keV enerji aralığında orta çözünürlüklü ($E/\Delta E = 20-50$) X-ışın tayfi sağlar. Yörüngesel hedef net görüş süresi 40 saattir (<http://xmm.vilspa.esa.es>).

* mukaddderi@yahoo.com

WX Hyi, SU UMA türünden bir sistemdir. Yer'e 265 pc uzaklıktadır (Warner, 1987). Ekvatorial koordinatları $\alpha = 2^h 09^m 50.7^s$ ve $\delta = -63^0 18' 40.1''$ dir. Sistemin eğimi 40 ± 10 dir. Yörünge periyodu 0.0748 gündür. Durağan haldeki minimum parlaklığı 14.9 kadirdir. Normal ve Süper patlama sırasındaki parlaklıkları, sırasıyla, 12.5 kadir ve 11.4 kadirdir. Normal patlama periyodu 11 gün, Süper patlama periyodu ise 180 gündür. Beyaz Cücenin kütlesi $0.90 \pm 0.30 M_{\odot}$, İkincil yıldızın kütlesi ise $0.16 \pm 0.05 M_{\odot}$ (Ritter ve Kolb,1997). Kütle oranı $q(M_2/M_1)$ 0.178 ± 1.50 dir.

2 Gözlemler

WX Hyi nin X-ışın gözlem verisi XMM-Newton'un internet arşivinden alınmıştır. Gözlem 2002-01-08 03:37:52 UT de başlamış ve 15197 s (4 saat 13 dakika) (JD 2452282.651– 2452282.826990741) sürmüştür. Gözlem detayları Tablo 1 de görülmektedir. AAVSO'nun internet arşivinden sistemin 60 günlük optik dalgaboyundaki gözlem verisi alınarak Şekil 1 deki ışık eğrisi çizdirilmiş ve XMM-Newton ile yapılan gözlem sırasında sistemin 12.4 kadirlik normal patlama durumundan (18 saat 45 dakika sonraki) durağan hale inişte olduğu görülmüştür. Sistem XMM-Newton'un gözleminin bitişinden 3 saat 16 dakika sonra 13 kadirlik parlaklık değerinde, 1 gün 3 saat 10 dakika sonra ise 14.5 kadirlik durağan halindedir. Sistemin XMM-Newton'un gözleminden 22 gün sonra 11.5 kadirlik parlaklık değeri ile Süper patlamanın zirvesinde olduğu ışık eğrisinden görülmektedir.



Şekil 1. WX Hyi'nin AAVSO (www.aavso.org) dan alınan optik ışık eğrisi. Şekil XMM-Newton ile yapılan gözlem zamanını da içermektedir. Bu sırada sistemin parlaklığı 12.4 kadirdir ve şekil üzerinde kare ile gösterilmiştir.

Çizelge 1. WX Hyi nin XMM-Newton gözlem detayları.

Sistem	Gözlem No	Devir	Poz süreleri (ks)			
			MOS	PN	RGS	OM
WX Hyi	0401	381	9.8	7.5	10.3	12.9

3 Yöntemler

WX Hyi nin gürültüden temizlenerek elde edilen tayfına uygulanan eşleştirmeler XSPEC paketi ile yapılmıştır.

10^7 K üzerindeki sıcak gazlar, eğer optik olarak ince iseler ısısal frenleme mekanizmalı (termal bremsstrahlung) X-ışınları yayarlar. Bu çalışmada WX Hyi'nin filtrelenen verisinden elde edilen EPIC tayfına ısısal temelli olan ve olmayan bir ya da iki sıcaklıklı modeller uygulanmış ve ısısal frenleme mekanizmasını temel alan CEVMKL modelinin tayf ile iyi uyum sağladığı görülmüştür. Bu model, sıcak gazdan yayınlanan emisyon ölçümünü esas alan MEKA ve onun yeniden düzenlenmesi ile 1995 yılında oluşturulan MEKAL (Mewe-Kaastra-Liedahl) modelinden türetilmiştir. CEVMKL modelinde, karbondan (C) nikel (Ni) çok rastlanan 13 element için bolluk değerleri serbest olarak değişmektedir. Bu elementlere ait çizgilerin en belirginleri tayf üzerinde gösterilmiştir. Modellerle ilgili bazı temel bilgiler aşağıda verilmektedir, detaylı bilgi için İğdi Şen (2008)'e bakılabilir.

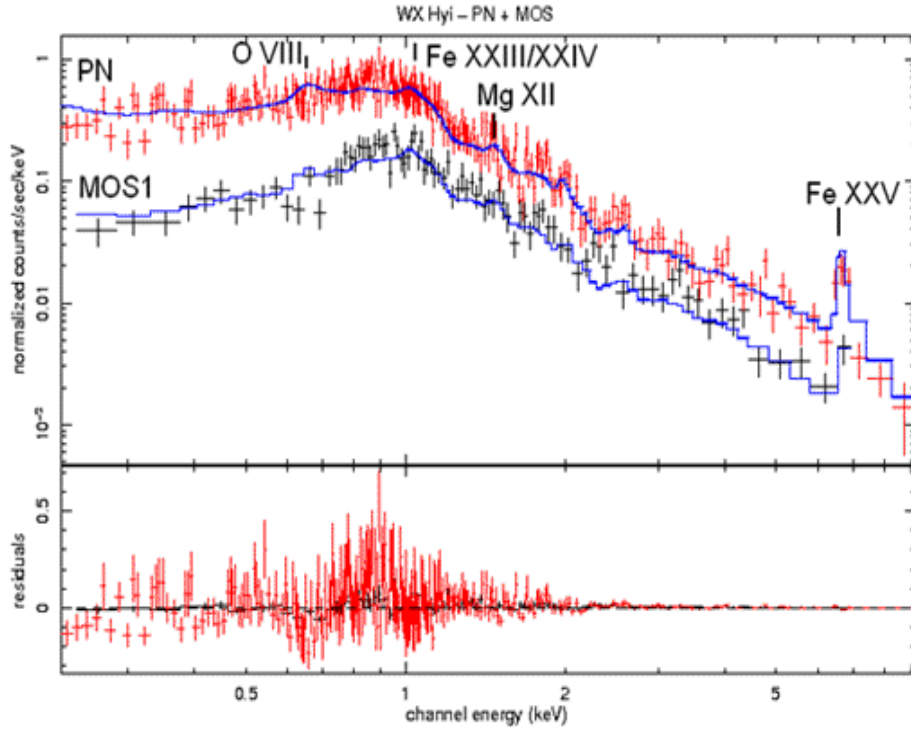
Akı birimi $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ dir. Bir cm^3 teki Nötr Hidrojen kolon yoğunluğu (Galaktik absorpsiyon) N_H ile gösterilmiş ve Kırmızıya kayma sıfır kabul edilmiştir. Sistemin uzaklığı (d) $265 \text{ pc} = 8.173 \times 10^{20} \text{ cm}$ dir. Şekil 2 de görülen model fitinden elde ettiğimiz akı değeri ($F_X = 2.98 \times 10^{-12} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) kullanılarak X-ışın lüminozite değeri hesaplanmıştır ($L_X = L_{BL} = 5 \times 10^{31} \text{ erg / s}$). Sıcaklık (kT_{max}) 31.3 keV bulunmuştur. Yığılma oranı (\dot{M}_{BL}) Pandel ve ark.(2003) tarafından verilen aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmıştır.

$$L_{BL} = \frac{5}{2} \frac{\dot{M}_{BL}}{\mu m_p} kT_{max}$$

Burada moleküler ağırlık (μ) 0.6 dır (Pandel ve ark, 2003), Proton kütlesi (m_p) $1.672 \times 10^{-24} \text{ gr}$ dir. Tablo 2 de tayfa en iyi uyum sağlayan modelden elde edilen parametre değerleri görülmektedir.

Çizelge 2. Tayfa uygulanan modelden elde edilen parametre değerleri.

Dedektör ve XSPEC Model	Power law fonksiyon indeksi alfa	kT_{Max} (keV)	Akı (erg cm ⁻² s ⁻¹) Bolometrik (0-12) keV	Galaktik absorpsiyon, N_H (10 ²²) (1/cm ³)
PN+MOS	0.73±0.3	31.3±2.2	2.98E-12	2.3±0.3E-2



Şekil 2. WX Hyi nin PN ve MOS1 verilerinden elde edilen X-ışın tayfı. Belirgin emisyon çizgileri şekil üzerinde işaretlenmiştir. Kalın çizgiler tayf ile en iyi uyum sağlayan model fitinden elde edilmiştir.

4 Sonuçlar ve Tartışmalar

Bu çalışmada, X-ışın yayınlanan plazmanın sıcaklığı $kT_{max} \sim 31.3$ keV (3.632×10^8 K) olarak bulunmuştur. Tablo 2 de görülen model fitinden bolometrik X-ışın akı değeri $\sim 2.98 \times 10^{-12}$ erg cm⁻² s⁻¹ olarak tespit edilmiştir. PN+MOS için hesaplanan Sınır tabakası lüminozite değeri ($L_{BL} = L_X$) $\sim 5 \times 10^{31}$ erg / s dir. Tespit edilen plazma sıcaklığı için yığılma oranı (\dot{M}_{BL}) 4×10^{14} gr / s ($6.3 \times 10^{-12} M_{\odot}/\text{yıl}$) olarak hesaplanmıştır.

Sistem XMM-Newton gözleminin başlangıcından ~19 saat önce normal patlama sırasında 12.4 kadir ve XMM-Newtonun gözleminin bitişinden ~2 saat sonra 13 kadir değerinde ve bundan ~1 gün sonra ise 14.5 kadirlik durağan haldedir. Yani XMM-Newtonun gözlemi sırasında sistem normal patlamadan iniş sırasında bulunmaktadır. Chandra uydusu ile WX Hyi'nin 2002 de yapılan her iki gözlemi için yazarlar (Perna ve ark., 2003), sistemin durağan halde olduğunu belirtmelerine rağmen, ilk gözlemden itibaren sistem normal patlama halinde, diğerinde ise 13.8 kadirde küçük değeri ile normal patlamadan durağan hale iniş sırasında bulunmaktadır. Bu kontroller AAVSO'nun internet veri arşivinden alınan gözlem verileri kullanılarak tespit edilmiştir. Perna ve ark. (2003) nın bu gözlemler için yaptıkları analiz sırasında CHANDRA'nın analiz paketindeki mevcut modellerle yapının ortaya çıkarılmadığı belirtilmiş ancak, kararlı durum gerektiren, izobarik ve ışınımsal soğuma yapan yapıya uygun bir soğumalı akış modelini kullanarak yapılan tayf analizinden X-ışını yayınlayan plazmanın sıcaklığı 20 keV (2.32×10^8 K) ve diskten Beyaz cüce üzerine olan madde yığılma oranı için 2×10^{14} gr/sn (3.17×10^{-12} M_{\odot} /yıl) değerleri açıklanmıştır. Bu değerler bizim sonuçlarımıza bir miktar yakın görünmektedir. Ayrıca yazarlar 10^6 K- 10^8 K sıcaklık aralığındaki akıştan beklenen iyonize emisyon çizgileri tespit ettiklerini belirtmektedirler. Bizim analizimiz sonucu da, sıcak ortamın bir kanıtı olan çeşitli elementlerin iyonize olmuş çizgileri tespit edilmiştir.

İkis Gün(2002) tarafından 1991 yılında sistem durağan halde iken ROSAT uydusu ile yapılan 15 tane gözlemin analizi sonucu, durağan hale uygun bir sıcaklık 1.69 keV (1.96×10^8 K) bulunmuştur. Ayrıca, sistemin 120 pc uzaklığı için bulunan X-ışın ışınım gücü (L_X) 9.2458×10^{30} erg / s dir. Bizim analizlerimizde bu sistem için kullandığımız 265 pc ((Ritter ve Kolb,1997) uzaklık için L_X değeri tekrar hesaplanarak 4.47×10^{31} erg / s değeri bulunmuştur. İkis Gün (2002) diskten Beyaz cüce üzerine olan madde yığılma oranı için 2.46×10^{14} gr/sn(3.9×10^{-12} M_{\odot} /yıl) değerini tespit etmiştir.

Pandel ve ark.(2003) XMM-Newton'un bizim analiz için kullandığımız aynı gözlem verisini kullanmış, ancak sistemin patlama durumunda olduğunu belirtmiştir. Ancak yukarıda detaylı olarak belirttiğimiz gibi sistem normal patlamadan iniş sırasında bulunmaktadır. Bu nedenle patlama için uygun modellere uyum sağlamamıştır. Pandel ve ark.(2003) durağan hal için çarpışmalı iyonize plazmayı esas alan uygun Mekal temelli modeli kullanarak, bizim sonuçlarımıza çok yakın değerler bulmuştur.

Teorik modeller diskten beyaz cüce üzerine olan madde yığılma oranı için 2×10^{16} gr s⁻¹ (yani 3×10^{-10} M_{\odot} /yıl) değerini kritik değer olarak kabul ederler. Eğer kütle yığılma oranı bu değerden küçük ise oradaki madde optik olarak ince olacak ve ısısal frenleme mekanizması ile ışınım yayınlayacaktır. Bu sistem için tespit ettiğimiz madde yığılma oranı bu kritik değerden küçüktür, yani oradaki maddenin optik olarak ince olduğunu ve ısısal frenleme mekanizması ile ışınım yayınladığı söylenebilir. Ayrıca 10^7 K üzerindeki sıcak gazlar, optik olarak incedir ve ısısal frenleme ışınımı yapmaktadır. Bu çalışmada veri noktaları ile en iyi eşleşmeyi veren model ısısal frenleme mekanizmasını temel alan bir modeldir. Bu teorik model, X-ışınlarını yayınlayan plazmanın optik olarak ince, çarpışmalı

iyonize yapısını ve sıcak ortamın bir kanıtı olarak çeşitli elementlerin iyonize olmuş çizgilerini de öngörmektedir. Tayftan elde edilen sıcaklık değeri ve tayftaki iyonize durumdaki çeşitli elementlere ait emisyon çizgilerinin çokluğu, sıcak ve optik olarak ince plazmanın göstergesidir.

Ayrıca bu modele göre, diskten buharlaşarak beyaz cüce etrafında sıcak bir korona oluşturan gaz kısmen beyaz cüce üzerine yığılmakta ve kısmen de rüzgarda kaybolmaktadır. Eğer koronadaki yoğunluk düşükse, X-ışın tayfında beyaz cüce üzerine çökerken soğuyan plazmanın emisyonu baskın olmaktadır ki bu çalışmada elde edilen tayf modeli de tam olarak bu soğumaya işaret etmektedir. Yani elde edilen X-ışın tayfı, sınır tabakasındaki koronada bulunan sıcak ve optik olarak ince plazmanın beyaz cüce üzerine çökerken soğuduğunu göstermektedir. X-ışın emisyonunun muhtemel kaynağı, beyaz cüce üzerine çökerken sınır tabakasında soğuyan plazmadır. WX Hyi nin XMM-Newton uydusu ile alınan X-ışın fotonlarının, analize uyum sağlayan bu model mekanizması ile açıklanabileceği söylenebilir.

Kaynaklar

- Igdi Sen, M.: Yüksek Lisans Tezi (2008) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
- Ikis Gün, G.: Doktora Tezi. (2002) Boğazici Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- Pandel, D., Cordova, F. A., Howell, Steve B.: X-ray and ultraviolet observations of the dwarf nova VW Hyi in quiescence. *MNRAS* **346** (2003) 1231
- Perna, R., McDowell, J., Menou, K.: Chandra Observations of the Dwarf Nova WX Hydri in Quiescence. *The Astrophysical Journal* **598** (2003) 545
- Ritter, H., Kolb, U.: Catalogue of Cataclysmic Binaries, Low-Mass X-Ray Binaries and Related Objects. *Astronomy and Astrophysics* **129** (1997) 83
- Warner, B.: Systematics of dwarf novae. *Astrophysics and Space Science. Astrophysics and Space Science* **130** (1987) 3