

AM Herculis Sisteminde Flickering

Belinda Kalomeni, E. Rennan Pekünlü, Kadri Yakut
Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova-İzmir
belinda,rpekunlu,yakut@astronomy.sci.ege.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, mCV lerin prototipi olan AM Her'e ilişkin fotometrik çalışma sunulmuştur. Dizgenin optik fotometrisi, 6-7 Ağustos 2003 ve 2 Şubat, 6, 7, 8 Temmuz 2004 tarihlerinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde RTT150 teleskopu kullanılarak yapılmıştır. Bu dizgelerde gözlenen özelliklerden biri de flickering olarak adlandırılan kısa dönemli parlaklık değişimleridir. Gözlemlerin indirgenmesi sonucu AM Her dizgesinde 3-10 dakika arasında değişen parlaklık değişimleri gözlenmiştir. Böylesi değişimler, mCV lerin temel özelliklerden birisi olup henüz fiziksel nedeni bilinmemektedir. Ancak kütle aktarım miktarındaki herhangi bir değişimin ışık eğrisinde gözlenen böylesi olaylardan sorumlu olabileceği fikri yaygındır.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: değişen yıldızlar: m CVs – yıldızlar: manyetik alan – yıldızlar: AM Her

Abstract: In this study, we present a photometric study of AM Her, prototype of a class of mCVs. The optical photometry of the system is obtained using RTT150 telescope at TÜBİTAK National Observatory (TUG). One of the basic features observed from this kind of systems is the brightness variations which has been characterised as flickering and its physical reason is still not known. Our observations show non-periodic flickering between the range of 3-10 minutes.

Key words: stars: variable stars: m CVs – stars: magnetic fields – stars: AM Her

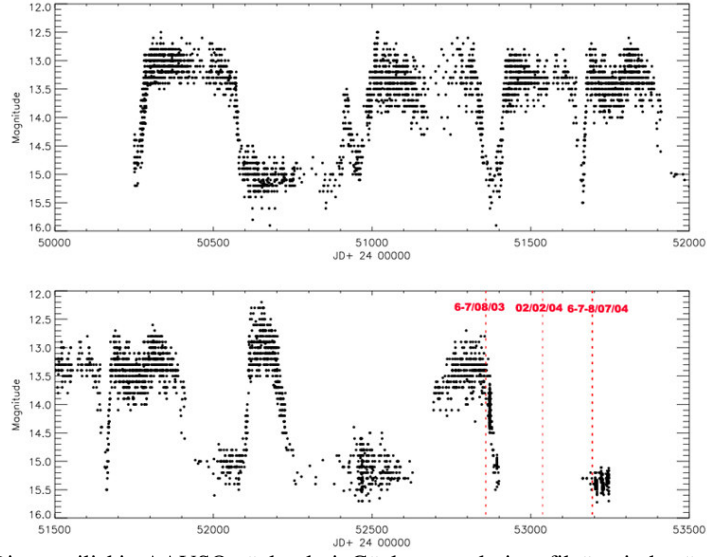
1. Giriş

Polarlar olarak da bilinen AM Herculis dizgeleri yeğin manyetik alana sahip (10 – 230 MG) beyaz cüce ve M türü kırmızı cüce yıldızdan oluşur. Yoldaş yıldız baş yıldızla madde aktarır ve baş yıldızın kuvvetli manyetik alanından dolayı, beyaz cücenin etrafında disk oluşmaz; toplanan plazma, beyaz cücenin manyetik uçlarına yakın yerde oluşan *toplanma kolonu* adı verilen yerde yığılır. Böylesi dizgeleri tanımlayan cyclotron, yumuşak ve sert X-ışın ışınımının kaynağı da bu bölgedir. Bu bölgeden ayrıca, cyclotron ışınımından kaynaklanan kuvvetli ve değişen uçuşmuş ışınım alınır. AM Her dizgeleri saniye mertebesinde saat düzeyine oldukça geniş bir dönem aralığında değişimler sergilerler (Şekil 1-7) (bkz. Copper, 1990). Kataklizmik değişenlerin gözlenen birçok özelliği anlık kütle toplanma oranına bağlı olarak değişim gösterir. Bu tür sistemlerin gözlemlerinden elde edilen verileri yorumlamak oldukça güç olup henüz hiçbir model gözlenen tüm özellikleri açıklayabilecek düzeyde değildir.

2. Gözlemler ve İndirgeme

AM Her ($\alpha = 18^{\text{sa}}16^{\text{dk}}13^{\text{sn}}$, $\delta = +49\ 51'\ 56''$) TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde (TUG) 6-7 Ağustos 2003, 2 Şubat ve 6, 7, 8 Temmuz 2004 tarihlerinde RTT150 teleskobu ve ANDOR CCD (2048x2048) kullanılarak R_c bandında gözlenmiştir. Mukayese yıldızı olarak GSC 3533 1026 ve denet yıldızı olarak GSC 3533 1021 kullanıldı. Gözlemler NOAO tarafından geliştirilen IRAF yazılımı yardımıyla indirgenmiştir. İndirgemelerin sonuçlarında elde edilen ışık değişimleri Şekil 2-7'de gösterilmiştir. Şekil 2, 3 ve 4 evrelere göre çizilirken Şekil 5, 6 ve 7 JD lere göre çizilmiştir. Mukayese yıldızı ve denet yıldızının gecelik değişimi Şekil 2 ve Şekil 3'ün alt panelinde çizdirilmiştir. Bu değişime bakarak şekillerde görülen ışık değişimlerinin dizgeden kaynaklandığı söyleyebiliriz.

B. Kalomeni vd. : AM Herculis Sisteminde Flickering



Şekil 1. Dizgeye ilişkin AAVSO gözlemleri. Gözlem geceleri grafik üzerinde gösterilmiştir.

Gecelik gözlem hataları Çizelge 1 de verilmiştir.

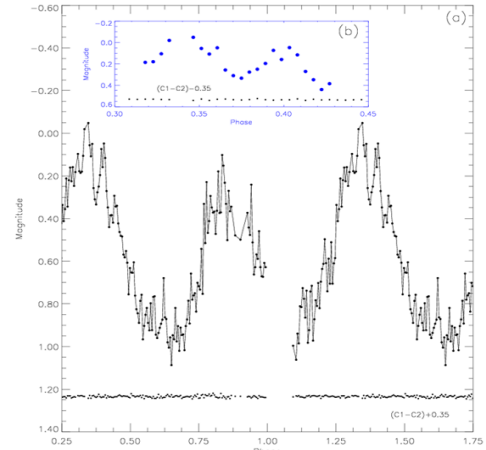
Çizelge 1. AM Her'in gözlemlerine ilişkin gecelik gözlem hataları.

| Gözlem Gecesi | Hata (%) |
|---------------|----------|
| 06.08.2003 | 0.5 |
| 07.08.2003 | 0.5 |
| 02.02.2004 | 1 |
| 06.07.2004 | 0.5 |
| 07.07.2004 | 2 |
| 08.07.2004 | 0.5 |

Yörünge evreleri, Heise ve Verbunt (1988) tarafından verilen ephemeris zamanından hesaplanmıştır. AM Herculis'in ışık eğrisi iki minimum ve iki maksimumdan oluşur.

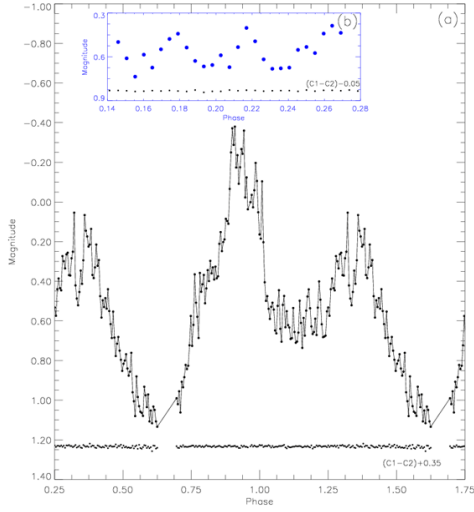
3. Flickering

AM Her türü sistemlerin bir yörünge hareketleri sırasında gözlenen çevrimsel değişimler dışında X-ışınlarından kızılöte dalgaboylarına uzanan, saniye-dakika mertebesinde döneme sahip *titreşimler* sergiledikleri gözlenmiştir. Bu özellik, bu tür sistemlerin karakteristik özelliklerinden biridir (bkz. Szkody & Margon, 1980; Watson vd. 1987; Bonnet-Bidaud vd. 1991; Middleditch vd. 1997).

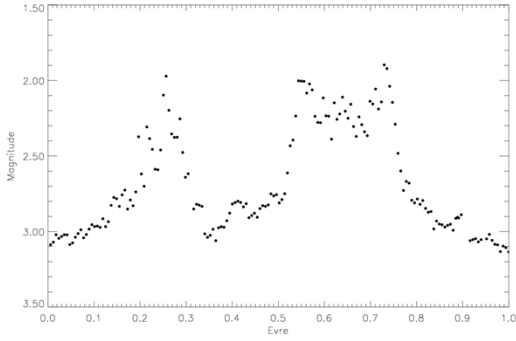


Şekil 2. a) AM Her'in 6 Ağustos 2003 tarihinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde elde edilen ışık değişimi. Mukayese yıldızlarının farkı aşağıda gösterilmiştir, b) 0.32-0.43 evre aralığı flickering etkisi göstermek için büyütülmüştür.

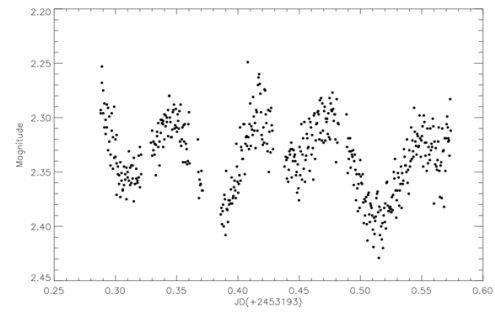
B. Kalomeni vd. : AM Herculis Sisteminde Flickering



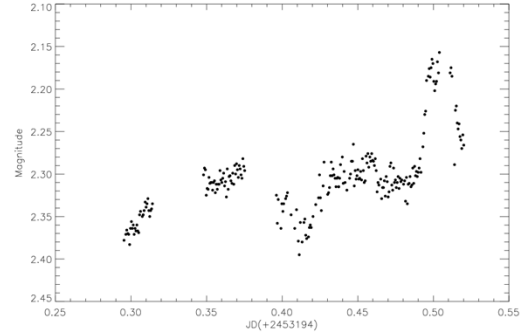
Şekil 3. a) AM Her'in 7 Ağustos 2003 tarihinde TÜBİTAK Ulusal Gözleminde elde edilen ışık değişimi, b) 0.14-0.28 evre aralığı flickering etkisi göstermek için büyütülmüştür.



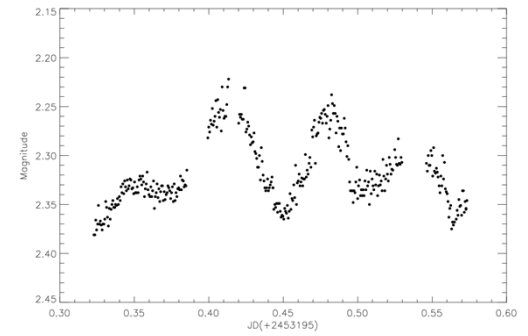
Şekil 4. AM Her'in 2 Şubat 2004 tarihinde elde edilen ışık değişimi.



Şekil 5. 6 Temmuz 2004'te elde edilen ışık değişiminin JD ye göre çizimi



Şekil 6. 7 Temmuz 2004'te elde edilen ışık değişiminin JD ye göre çizimi.



Şekil 7. 8 Temmuz 2004'te elde edilen ışık değişiminin JD ye göre çizimi.

AM Her'de gözlenen *flickering* için Bonnet-Bidaud (1991) yaklaşık 4.5 dakikalık dönem verirken King (1989) 8 dakikalık bir dönem öngörmüştür. Bu çalışmada 3-10 dakika arasında değişen dönemler görülmüştür. Şekil 2 ve 3'te üst panelde seçilen bir evre aralığı büyütülerek bu ışık değişimi daha açık bir şekilde gösterilmiştir. Diğer tüm şekillerde benzer etkileri görmek mümkün. Bu değişimlerin fiziksel nedeni henüz bilinmemekle beraber, farklı yazarlar farklı yorumlarda bulunmaktadır. Bunlardan biri de toplanma oranının kendisindeki kararsızlıktır (Bonnet-Bidaud vd., 1991). Beyaz cücenin kuvvetli manyetik alanı toplanma diskinin oluşmasını engeller. Manyetosferde maddenin manyetik alan tarafından tuzaklandığı bölgedeki herhangi bir kararsızlık tipik dinamik zaman ölçeklerinde sisteme yönlendirilebilir; bu zaman ölçeği şu şekildedir:

$$R_c \gg R_1 \text{ için, } \tau \sim \pi \left(\frac{R_c^3}{8GM_1} \right)^{1/2} = 3.04(R_c)^{3/2}(M_1)^{-1/2} \text{ s.}$$

Burada R_c , maddenin yoğun manyetik alan tarafından tuzaklandığı yarıçap; beyaz cücenin kütlesi, $M_1 = 0.75M_\odot$ (Mukai & Charles, 1987); $\tau = 552 \text{ s}$ zaman ölçeği tuzaklanma yarıçapı olarak $R_c \sim 2.9 \times 10^{10} \text{ cm}$ değerini verir. Bu yarıçaptaki

herhangi bir tedirginlik 552 s döneme sahip titreşimler oluşturacaktır. L_1 noktasının baş yıldızdan uzaklığı Plavec & Kratochil (1964) tarafından verilen eşitlikle bulunur. Buna göre AM Her için L_1 noktasının beyaz cüceden uzaklığı $R_{L_1} \sim 4.5 \times 10^{10}$ cm bulunur. Madde manyetik alan tarafından bu yarıçapta tuzaklanırsa $\tau = 1059$ s değerini verir ki bu da gözlenen değerden çok daha büyüktür. Başka bir deyişle, madde R_{L_1} yarıçapından daha küçük bir yarıçapta tuzaklanmalıdır. Ferrario vd. (1989), AM Herculis sistemlerinde tuzaklanma yarıçapının R_{L_1} den daha küçük, manyetosferik yarıçapa (r_m) yakın olması gerektiğini göstermiştir. Manyetosferik yarıçap ise Hameury (1986) tarafından verilir. Buna göre, $r_m = 2.27 \times 10^{10}$ cm olarak tuzaklanma yarıçapına daha yakın bir değer bulunur. Böylesi bir kararsızlık için başka bir mekanizma ise manyetosferik yarıçaptaki Alfvén dalgalarının oluşumu olabilir (Tuohy vd. 1981). Her iki mekanizmada $\tau \propto \dot{M}^{-3/5}$ bağımlılığı vardır. Kütle toplanma oranındaki küçük bir düşme tuzaklanma yarıçapını baş yıldızdan uzağa taşımaya yeterli olacaktır. Böylesi titreşimler için, bir başka olası kaynak ise King (1989) tarafından verilmektedir. Böylesi 5–10 dakika lık dönemlerin bileşen yıldızın fotosferindeki karakteristik dinamik zamanı olacağı belirtilmiştir. Durgun parlaklık koşulu altında L_1 noktası yakınında dar bir iyonlaşma sınırı oluşur ve $\tau \sim H_* / c$ zaman ölçeğiyle birlikte bu değerler altında ve üstünde titreşimlere sebep olacaktır. Burada H_* , atmosfer ölçek yüksekliği, c_* ise L_1 noktasındaki ses hızıdır. AM Her için beklenen kararsızlığın beklenen zaman ölçeği $\tau \sim H_* / c_* \sim 5.5 \times 10^{-2} P_{orb}$ (Hameury vd. 1986) $\tau \sim 613.8$ s olup gözlenen değere yakın bir değerdir.

Böylesi bir mekanizma için açıklamamızı şöyle özetleyebiliriz. Kırmızı cüceden beyaz cüceye doğru akan maddenin dinamiği, madde beyaz cücenin manyetik küresi tarafından yakalandıktan sonra Lorentz kuvvetlerince belirlenir. Manyetik kutup bölgelerine “açık” kuvvet çizgileriyle kapalı kuvvet çizgileri sınırında inen maddenin bir bölümü burada kapalı kuvvet çizgileri tarafından tuzaklanabilir. Tuzaklanan madde manyetik aynalar arasında zıplama devinimini sürdürür. Bu arada “açık” kuvvet çizgileri boyunca akan madde sürekli olarak beyaz cücenin ışık küresine iner. Tuzaklanan madde, bu bölgede coulomb etkileşimiyle, cyclotron ışınımıyla ve “whistler” dalgalarıyla etkileşimi sonucunda tınsı açısı difüzyonuna uğrar. Bu parçacıkların manyetik ayna noktaları artık daha

derinlerde, beyaz cücenin ışık küresi belki de altındadır. Böylece tuzaktan kurtulan ek madde, zaten sürekli akan maddeyle birlikte beyaz cüce yüzeyine iner ve akan madde niceliğindeki artış, ışınımın yeğinliğindeki artışa neden olabilir. Bu konunun nicel araştırması, tınsı açısı difüzyonunun AM Her dizgelerine özgü kaynak ve yitikerin belirlenmesiyle yapılabilir.

4. Sonuç ve Tartışmalar

AM Her türü sistemlerdeki ışık eğrisini etkileyebilecek etkileri sıralayacak olursak: *i) Bileşen yıldız:* AM Her türü sistemler, bileşenin Roche-lobunu doldurduğu L_1 noktasından baş yıldız kütle aktardığı yakın çift yıldız sistemlerdir. Kırmızı cücenin beyaz cüceye bakan yüzeyi ısınmış olabilir, böylece bileşenin sıcak yüzeyi, çiftin bir yörünge dönemi boyunca hareketi ile konumu değişeceğinden gözlenen ışık eğrisinde değişiklikler oluşturabilir. Gänsicke vd. (2001) belirttiği gibi AM Her sisteminde bileşen yıldızın etkileri düşük kütle toplanması sırasında ortaya çıkartılabilir. Aksi durumda ışık eğrisine katkısı ihmal edilebilir. *ii) Beyaz cüce:* Baş yıldız, toplanan maddenin yıldızın üzerine düşmesi sırasında yayınlanan ışınımınla bölgesel olarak ısıtılabilir. Gänsicke vd. (1995), IUE ve HST gözlemleri ile sistemin her iki evrede toplanan maddenin beyaz cüce üzerinde ısıttığı bölgeden alınan ışınımın UV dalgaboylarında baskın olduğunu göstermişlerdir. *iii) Sistem geometrisi:* Toplanma kolonunun gözlemciye göre yönelimi üç parametre ile tanımlanabilir: sistemin eğimi i , dönme eksenini ile toplanma kolonu boyunca manyetik alan arasında kalan açı ile ölçülen toplanma kolonunun “co-latitude” ve iki yıldızın merkezlerini birleştiren doğrudan manyetik eksenin azimutu, Ψ (Gänsicke vd. 2001). Sistemin eğimi ve “co-latitude” Brainerd ve Lamb (1985) polarizasyon gözlemlerinden $i = 35^\circ \pm 5^\circ$ ve $\beta = 58^\circ \pm 5^\circ$ olarak verirken, Wickramasinghe vd. (1991) tarafından yapılan bir başka polarimetrik çalışma $i \approx 50^\circ$ ve $\beta \approx 50-60^\circ$ değerini verir. *iv) Toplanma akıntısı:* Gänsicke vd. (1995) toplanma akıntısından yakın-moröteden alınan ışınımın evreye göre çok değişmediğini belirtmişlerdir. *v) Cyclotron ışınımı:* ortalama yerel kütle akıntı yoğunluğu \dot{m} , (evreye bağlı) cyclotron ışınımının gözlenen ışık eğrisine katkısını belirler.

AM Her türü sistemlerin ışık eğrilerini yorumlamak oldukça güçtür. Gözlenen ışık değişimleri 3 ana grupta toplayabiliriz. İlk değişim, önemli olmayan 2 kadirde fazla parlaklık değişimine neden olan sistemin yüksek/düşük kütle toplama evreleridir (Şekil 1). İkinci değişim ise, önemli olup AM Her için 3.1 saat olan yörünge dönemine

karşılık gelir (Şekil 2-7). Bu dönem içerisindeki değişimin genliği zamanla değişim sergiler. Son olarak, henüz fiziksel nedeni bilinmeyen, bununla birlikte açıklanmaya çalışılan, *flickering* olarak bilinen önemli olmayan parlaklık değişimleri gelir (Şekil 2b, Şekil 3b). TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde elde edilen gözlemler sonucu sistemin bir yörünge dönemi boyunca yaptığı ışık değişiminin yanısıra 3-10 dk arasında değişen parlaklık değişimleri tespit edilmiştir.

Yazarlar desteklerinden dolayı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi yönetimine ve çalışanlarına; ellerindeki verileri bizlerle paylaşan AAVSO ya teşekkür ederler.

5. Kaynaklar

- Brainerd, J. J.; Lamb, D. Q. 1985, cvlm proc, 247
Bonnet-Bidaud, J. M. Somova, T. A.; Somov, N. N. 1991, A&A, 251L, 27
Brainerd, J. J.; Lamb, D. Q. 1985, cvlm.proc. 247
Cropper, M., 1990, SSRv, 54, 195
Ferrario, L.; Tuohy, I. R.; Wickramasinghe, D. T., 1989, ApJ, 341, 327
Gänsicke, B. T.; Beuermann, K.; de Martino, D., 1995, A&A, 303, 127
Gänsicke, B. T.; Fischer, A.; Silvotti, R.; de Martino, D. 2001, A&A, 372, 557
Hameury, J. M. 1986, apa proc, 195
Hameury, J.-M.; King, A. R.; Lasota, J.-P 1986, MNRAS, 218, 695
Heise, J.; Verbunt, F., 1988, A&A, 189, 112
King, A. R., 1989, MNRAS, 241, 365
Middleditch, John; Imamura, James N.; Steiman-Cameron, Thomas Y., 1997, ApJ, 489, 912
Plavec, M.; Kratochvil, P. 1964, BAICz, 15, 165
Szkody, P. and Margon, B., 1980, ApJ, 236, 862
Tuohy, I. R.; Mason, K. O.; Garmire, G. P.; Lamb, F. K., 1981, ApJ, 245, 183
Mukai, K.; Charles, P. A. 1987, MNRAS, 226, 209
Watson, M. G.; King, A. R.; Williams, G. A. 1987, MNRAS, 226, 867
Warner, B. 1995, Cataclysmic Variable Stars, Cambridge University Press
Wickramasinghe, D. T.; Ferrario, L.; Cropper, M.; Bailey, J., 1991, MNRAS, 251, 137