

VV CEPHEI'NİN MORÖTESİ TAYFININ İNCELENMESİ

Semanur Engin

Nihal Yılmaz

A.Ü. Fen Fakültesi,

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Beşevler, Ankara

1. Giriş :

VV Cep, uzun periyotlu (~20.4 yıl) bir örten çifttir. Baş yıldız M türünden bir süperdev, türü çok iyi saptanamayan yoldaş O-B türünden bir yıldız olup etrafını saran bir zarf vardır. Görsel bölgede baş yıldız yoldaşa nazaran çok parlak olduğundan gözlenen ışının esas olarak M süperdevine aittir. Son çalışmalar M yıldızının ~1500-1900 R_{\odot} ve yoldaşın 13 R_{\odot} çapında, her iki yıldızın aynı kütlede (~20 M_{\odot}), bileşenler arasındaki ayrıklığın ~25 AB olduğunu göstermektedir. Sistemin son tutulması 1976-1978'de meydana gelmiştir. Bu tür sistemlerde sıcak yıldız soğuk yıldızın atmosferinin arkasından geçerken soğuk yıldızın atmosferi hakkında ayrıntılı bilgi elde edinilmesi beklenir. Fakat, diğer benzer süperdevlerde olduğu gibi M yıldızının tayfı değişkendir, ayrıca B yıldızının etrafındaki zarf da tayfı biraz daha karmaşık hale getirdiğinden sistemin tayfinin açıklanması çok güç hale gelmektedir. Bu tür sistemlerin UV gözlemleri, yoldaşın tayfı türünün daha iyi tayini ve sistemi saran zarfın incelenmesi amacıyla yapılmaktadır.

VV Cep'in, IUE veri bankasında mevcut bütün tayfalarını sıcak yoldasın tayf türünü ve tutulmanın sonunda meydana gelen tayfsal değişimleri incelemek amacıyla topladık. VV Cep, uydunun çalışmaya başlamasından hemen sonra gözlemlendi, bu da son tutulmanın çıkışına rastlamaktadır. Gözlemler 5 Mayıs 1978 ve 28 Aralık 1984 arasını kapsamaktadır. Optik gözlemlere göre üçüncü kontak 18 Şubat ile 10 Mart 1978 arasında ve dördüncü kontak 20 Mayıs'ta meydana gelmiştir. (Hagen ve ark., 1980).

Bu çalışmanın esas amaçlarından biri sıcak bileşenin tayf türünü belirlemektir. Optik gözlemler, M2 Ia türünden baş yıldıırım ve yoldası veya bütün sistemi saran zarfın etkisiyle çok belirsiz sonuçlar verdiğinden yoldas için O ve A arasında türler bulunmaktadır.

Uzak Ayırma Güçlü Tayflar :

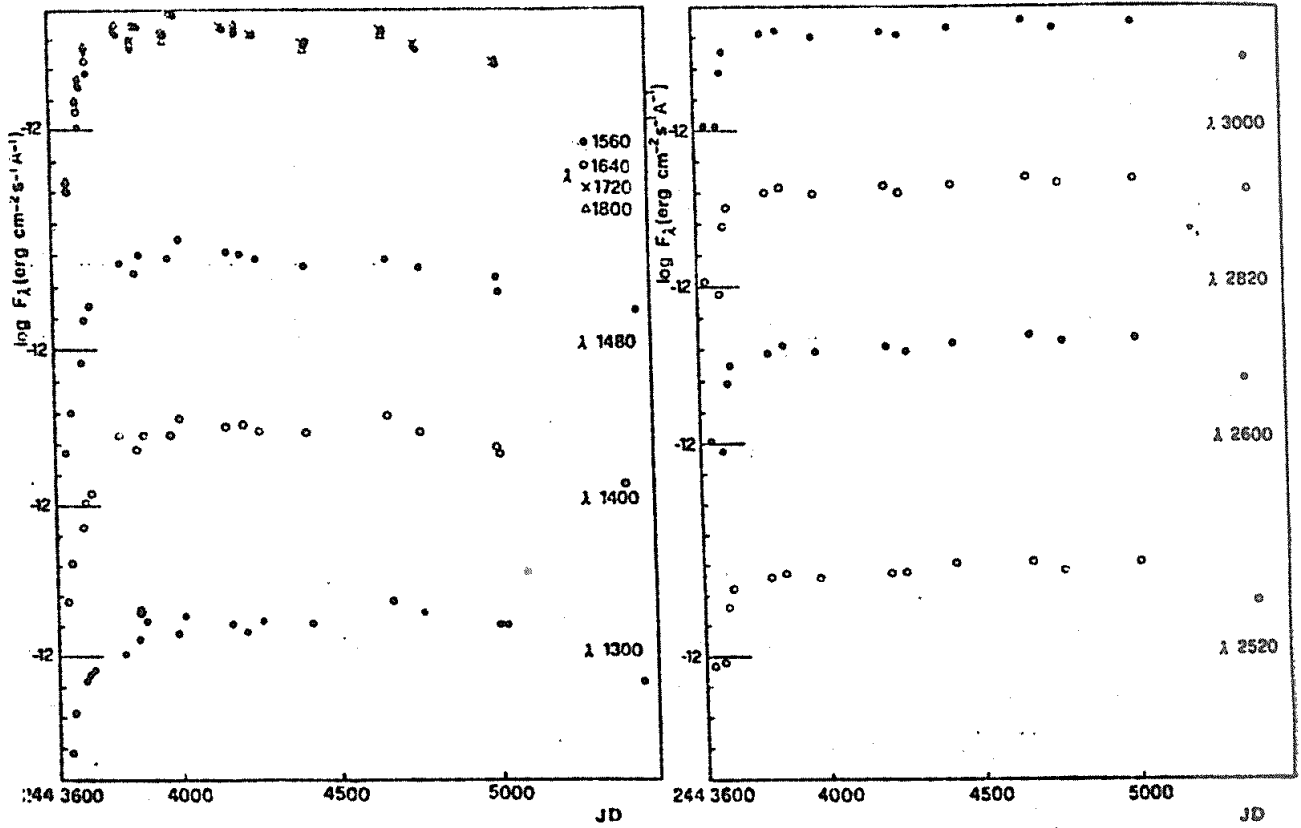
Esteler aşağıdaki bağıntıdan hesaplandı ;

$$\text{Minimum zaman} = 2443360 + 7430E \quad (\text{Kholopav, 1985})$$

Hagen ve arkadaşları (1980)'nin gözlediği gibi, atmosferik tutulma, morötesinde, optik bölgeden daha geç sona ermektedir. Onların göre, toplam yakın morötesi akı tutulma dışı sabit değere 1978 Temmuz başında ulaştığı halde, toplam uzak morötesi akı Temmuz sonlarında ulaşmaktadır.

Kuvvetli soğurma ve salma çizgilerinin bulunmadığı bölgelerden geçirerek sürekli tayf çizildi ve 1300 Å den 3000 Å e kadar akı değerleri ($\text{erg.s}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Å}^{-1}$) JD ye karşı işaretlendi. (Şekil 1). Görüldüğü gibi dördüncü kontak zamanı ile dalga boyu arasında oldukça düzenli bir bağıntı vardır. 1300 Å den 3000 Å e

doğru gidildikçe dördüncü kontak daha erken meydana gelmektedir.



Şekil. 1

Ö halde M2 dev yıldızının atmosferinin donukluğu kısa dalgalılarına doğru düzenli olarak artmaktadır. Isık eğrisinin gözlenmiş kısmının genişliği de dalgalı boyuna bağlıdır: 1240 Å de $\Delta m = -1.36$, 1500-1700 Å arasında maksimum -3.3 değerine erişip, sonra -1.5'a düşmekte ve 2500 Å den 3000 Å'e kadar sabit kalmaktadır. Bu durum, örtün cismın donukluğunun dalgalı boyuna bağlılığının ve örtülen cismın enerji dağılımının bileşik etkisinin sonucudur.

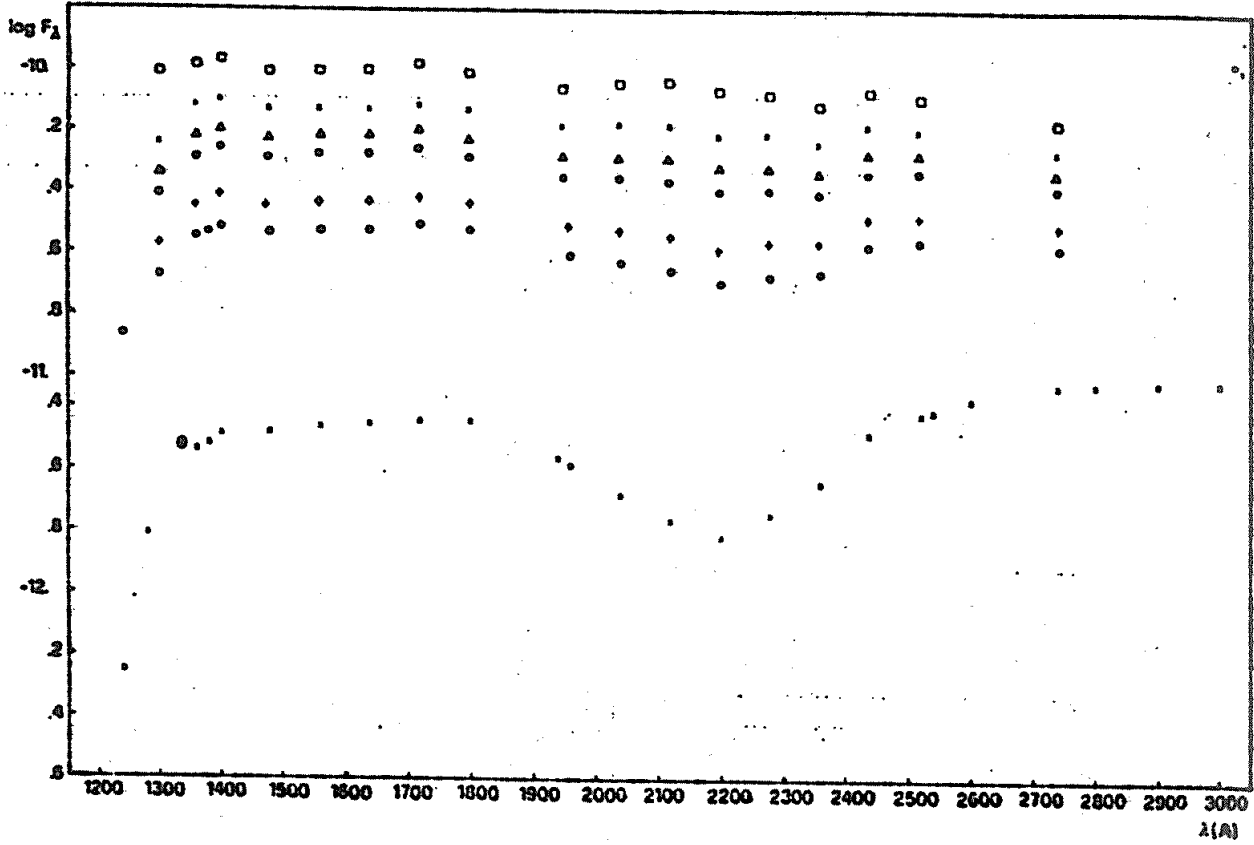
Yıldızlararası kızarmayı bulmak için 1200 Å den 3000 Å'e kadar düşük ayırma gücünde tayfları kullandık ve buradan yoldasın düzeltilmiş enerji dağılımını elde ettik. Bunun için

$$\log F_{\text{düz}} = \log F_{\text{göz}} + 0.4 * k_{\lambda} * E(B-V)$$

bağıntısında $E(B-V)$ 'nin 0.30 ve 0.47 arasındaki değerlerine karşılık gelen düzeltmeleri uyguladık. $E(B-V)=0.40$ değeri için 2200 Å'deki soğurma ortadan kalkmaktadır. Bu değer optik tayftan Wawrukiewicz ve Lee (1974) tarafından bulunan 0.3 değerinden büyüktür. Şekil.2'den görüldüğü gibi $E(B-V)=0.30$ için 2200 Å'deki soğurma hâlâ belirgindir. Bu kadar büyük kızarma olmasına karşılık büyük ayırma güçlü tayflarda yıldızlararası soğurma çizgileri görülmemektedir. Yıldızlararası gaz ve toz genellikle birlikte bulunurlar, ama daima böyle de olmayabilir. Ayrıca yıldızlararası çizgiler zayıf olduğundan, yıldız ait çizgilerle blend halinde de olabilirler.

31 Temmuz 1978 tarihine kadar enerji dağılımı örten cismin donukluğundan etkilendiğinden (Şekil. 3), 7 Mayıs ile 31 Temmuz arasında alınan tayflar, yıldızlararası sönmeme için düzeltildikten sonra bile, hiç bir Kurucz modeli ile uyumlayan bir enerji dağılımı göstermektedir.

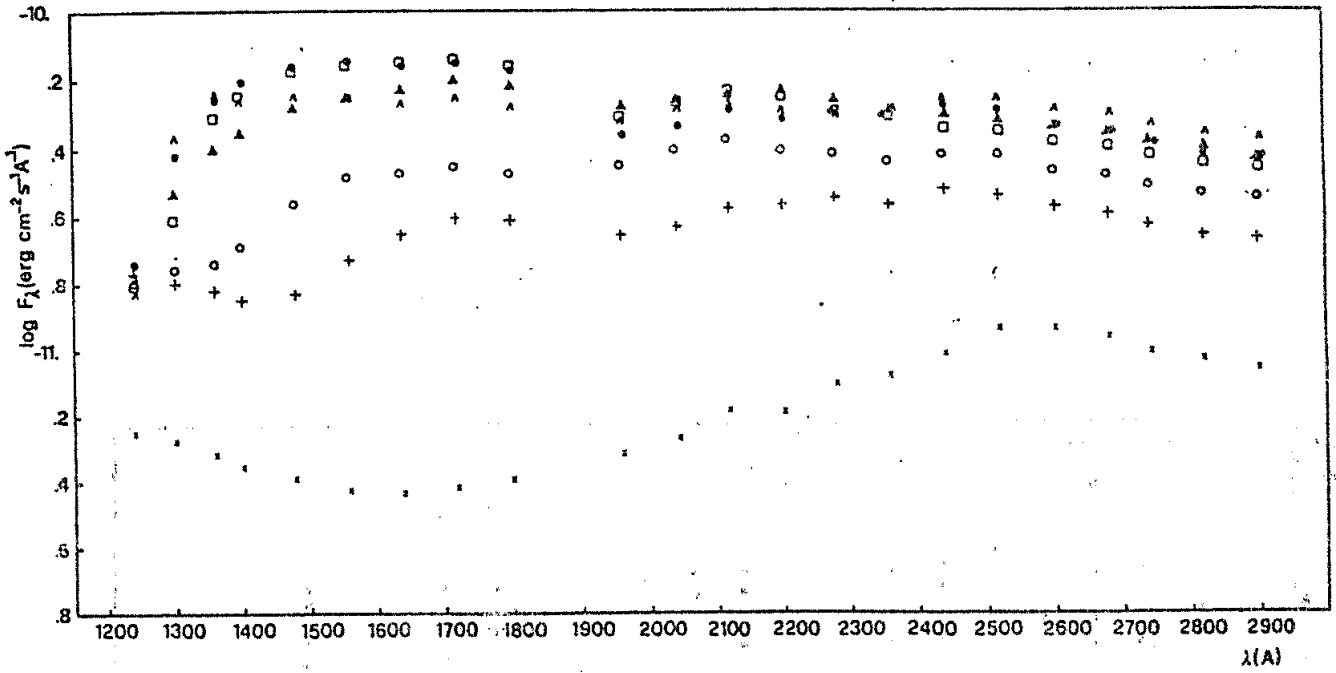
1300 Å ve 2000 Å arasında geniş bir çökme görülmektedir. Bu çökme blend soğurma çizgileri ile açıklanamaz, çünkü yüksek ayırma güçlü tayflarda Mayıs 1978'den Aralık 1984'e kadar önemli bir çizgi değişimi görülmemektedir. Kasım 1978'deki düşük ayırma güçlü tayf, daha sonraki tarihlerde alınanlar ile hemen hemen aynıdır. Tutulmanın sona ermesinden sonra yapılan gözlemlerin ortalama enerji dağılımı, kızarma için düzeltildikten sonra Kurucz (1979) modelleri ile karşılaştırıldı. En iyi uyum $T_e=9500$ °K için elde edildi. Yüzey çekim ivmesine önemli bir bağlılık yoktur. Bu sonuç, Wawrukiewicz ve Lee (1974)'nin fotometrik ölçümlerden bulduğu B1,2 V tayf türüne hiç uymamaktadır, halbuki Faraggiana ve Selvelli (1979)'nin tek bir düşük ayırma güçlü IUE tayfından elde ettiği sonuca uygundur.



Şekil.2. (x) Mayıs 1979'dan Şubat 1982'ye kadar kızırma için düzeltilmemiş tayfların ortalamasını vermektedir.

Üsteki şekiller $E(B-V)=0.30$ (\bullet), 0.33 ($+$), 0.38 (\circ), 0.40 (Δ), 0.43 (\times) ve 0.47 (\square) için düzeltilmiş tayfları vermektedir.

Gözlenmiş enerji dağılımının, Kurucz'un teorik enerji dağılımından 2200 \AA 'den daha büyük dalgalarda ayrılması, M süperdevinin bu dalga boyundan itibaren katkısının önemli hale geldiğini göstermektedir.



Şekil 3. $E(B-V)=0.40$ için düzeltilmiş tayflar: (x) 7 Mayıs 1978; (+) 30 Haziran 1978; (o) 10 Temmuz 1978; (□) 9 Kasım 1978; (Δ) 25 Aralık 1978; (*) 10 Ekim 1979, 25 Kasım 1979, 15 Ocak 1980 ve 26 Haziran 1980'de alınmış; (·) 26 Şubat 1981, 8 Haziran 1981 ve 9-10 Şubat 1982'de alınmış tayfların ortalamasıdır.

3. Yüksek Ayırma Güçlü Uzak Morötesi Tayflar :

Atmosferik tutulmanın son evresinde (Haziran, 1978) elde edilen yüksek ayırma güçlü uzak UV tayfları, daha sonra 1979'dan 1984'e kadar elde edilen tayflardan, sürekli akı değeri dışında, önemli bir farklılık göstermemektedir. Bu bölgede çok sayıda soğurma çizgisi tayfa hâkimdir. Salma çizgileri azdır. Ly_{α} dan başka (poz süreleri bir saatten fazla olduğu için bu çizgide yer koronasında oluşmuş bileşenin katkısı önemlidir) λ 1302-1306 Å'de OI üçlüsü, λ 1641 Å'de OII, λ 1785-1787 Å'de FeII'nin 191 multiyeti, λ 1745 Å'de NI'nin yarı kararlı (meta-stable) çizgisi görülmektedir. Bu çizgilerin hepsinin şiddetleri yakındaki sürekliliğe göre düzensiz olarak değişmektedir, fakat

değişim yüzdesi %18'den küçüktür, belki de bu değişim gerçek olmayıp sürekli tayfin çizilişindeki belirsizlik yüzündendir.

Uzak UV'deki salma çizgilerinin tartışılması gerekir:

OI : λ 1302, 1304 ve 1306 Å'daki üçlü, teorik şiddet oranlarından farklı bir oran göstermektedir ve bu çizgiler 1641 Å'deki OII çizgisinden daha zayıftır. Aynı durum CH Cyg, Zeta Aur, RR Tel ve HD45677'de de gözlenmiş ve Hack ve Selvelli (1982) tarafından bir açıklama getirilmiştir.

FeII : 191 multipleti, yaygın zarfı birçok yıldızda salma halinde gözlenmiştir. Çünkü bu multipllet, λ 1260 Å'daki rezonans multiplleti ile aynı üst seviyeye sahiptir ve 191 multiplletinin çizgilerinin f değerleri λ 1260'inkilerden büyüktür, dolayısıyla 191 multiplletinin salınması daha olasıdır.

NI : λ 1745 Å'deki yarı kararlı (metastable) çizgi genellikle salma halindedir; halbuki aynı multiplletin λ 1742 Å'daki daha kuvvetli çizgisi ve aynı üst seviyeye sahip λ 1492 ve 1494 Å çizgileri soğurma halindedir. NI çizgilerinin bu davranışı için tek açıklama şudur: 1745 Å çizgisi bu grubun en zayıf çizgisi olup kendi-kendinden soğurma (self-absorption) yapmamaktadır, diğer üçü ise yapmaktadır.

CI ve NI gibi nötr elementlerin çizgilerinin (temel veya uyarılmış seviyelerden) şiddetlerinde hiçbir değişim gözlenmemesi bu çizgilerin sistemi saran bir zarfı olduğunu gösterir. Eğer M süperdevinin atmosferinde oluşmuş olsalardı yoldaşın sıcak sürekliliği tarafından doldurularak değişim gösterirlerdi.

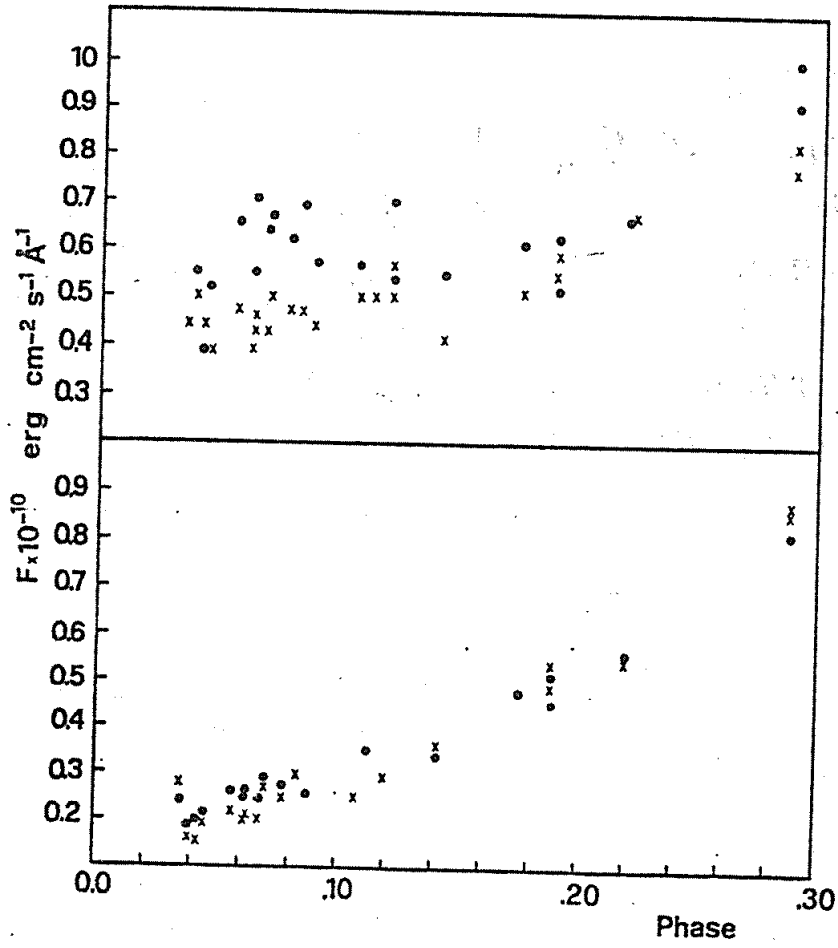
4. Yüksek Ayırma Güçlü Yakın Morötesi Tayflar :

Yüksek ayırma, güçlü, yakın UV tayflarda bir defa iyonlaşmış metallerin (Ti II, V II, Cr II, Mn II ve bilhassa Fe II)

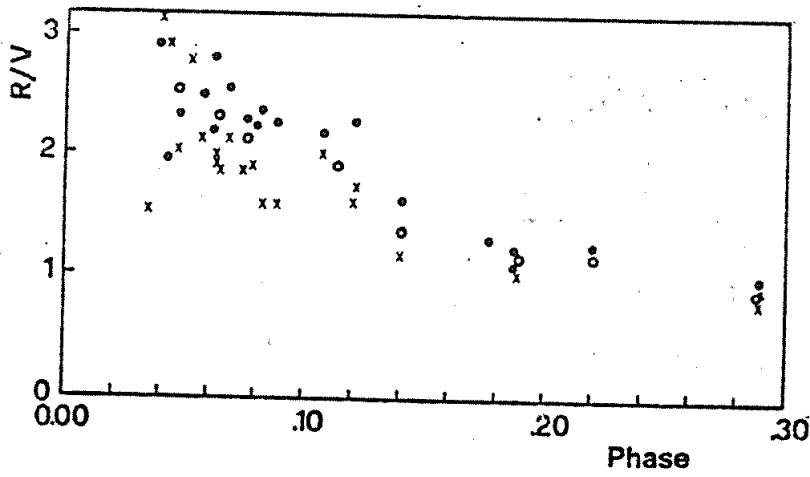
soğurma çizgileri hakim durumdadır. Mg II'nin rezonans ikilisi (λ 2795 ve λ 2802 Å) iki emisyon kanadı göstermektedir ve R/V oranı değişmektedir (Şekil. 4). Mg II'nin rezonans ikilisi ve 2852 Å'deki Mg I'in rezonans çizgisi bütün gözlem periyodu boyunca doymuştur. O halde bunlar sistemi saran zarfta meydana gelmekte, dolayısıyla yoldaşın sürükülmesi ile dolmamaktadırlar. Bu kuvvetli çizgilerde de yıldızlararası bileşen gözlenmemektedir.

MgII'nin λ 2795 ve 2802 Å çizgilerinin salma kanatlarından başka bazı Fe II çizgileri de salma halindedir veya salma bileşenlerine sahiptir. En şiddetlisi 2839.513 Å'de Fe II (391) ve 2839.799 Å'de Fe II (380) çizgilerinden oluşmuş blendir, bu çizgi soğurma bileşeni göstermez. 2845.450 Å'de Fe II (399) çizgisi yine soğurma bileşeni olmayan orta şiddette bir salma çizgisidir. 2785.192 Å'de Fe I (373) çizgisinin zayıf bir soğurma bileşeni ve kuvvetli salma kanatları vardır. e^4D ve e^6D seviyelerine (363, 373, 380, 391, 399 multiplerlerinin üst seviyeleri) uyarılmış atomların sayısının alt seviyelere uyarılmış atomların sayısına nazaran normalden daha çok oldukları bilinmektedir, fakat buna neden olan mekanizma bilinmemektedir. O halde bu multiplerlerin en kuvvetli çizgileri olan 2839, 2845 ve 2745 çizgilerinin neden salma halinde oldukları açıklanmaktadır.

60, 62 ve 78 multiplerlerinin en kuvvetli çizgileri (2926, 2755 ve 3002 Å) iki salma kanadı göstermektedir. 60, 62 ve 78 multiplerlerinin üst seviyeleri sırası ile z^6F , z^4F ve z^4P 'dir. Bunlar sırası ile 373, 392 ve 181 (optik bölgede olup, üst seviyesi e^5D 'dir.) multiplerlerinin alt seviyeleridir. O halde yukarıda belirtildiği gibi e^4D ve e^6D seviyelerine uyarılmış normalden fazla atom olması z^6F , z^4F ve z^4P 'ye uyarılmış atomlarda normalden fazla olmasına neden olabilir; bu da gözlenen emisyon kanatlarını açıklar.



Şekil 4-a) Mg II'nin 2795 (•) ve 2802 (x) çizgilerinin kırmızı (üstte) ve mor (altta) salma kanatlarının tepesindeki akı.



Şekil 4-b) Mg II'nin salma kanatlarının R/V oranı.

Yakın UV bölgesi de, Mg II'nin salma kanatlarındaki akı, emisyonun F/V oranları (Şekil. 4-a,b) ve en kuvvetli salma çizgileri olan λ 2839 ve λ 2756 Å Fe II çizgilerinin şiddetleri dışında önemli bir tayfsal değişim göstermemektedir. Şekil. 5'den görülüyor ki λ 2839 Fe II salma çizgilerinin merkezi şiddeti ve λ 2756 Fe II çizgisinin iki salma kanadının merkezi şiddetleri 0.04 evresinden 0.29 evresine kadar düzenli olarak azalmaktadır.

5. Sonuç :

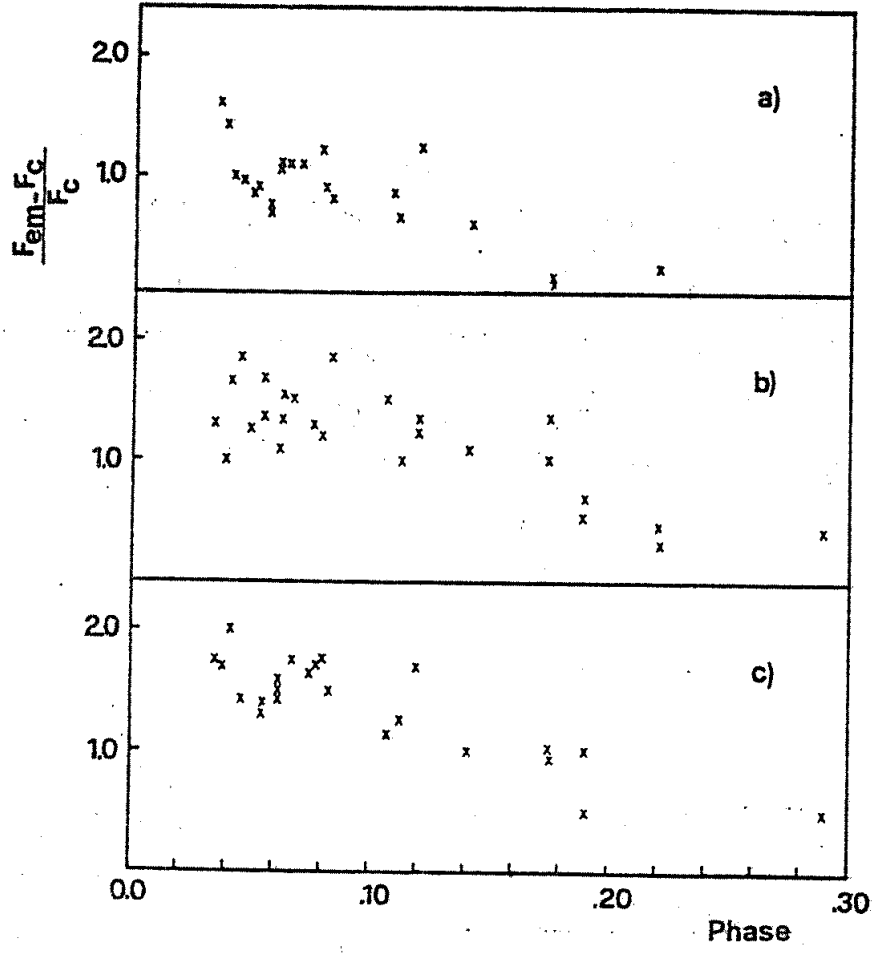
Atmosferik tutulma gösteren VV Cep çiftinin dördüncü kontaktan sonra (0.04 evresinden 0.36 evresine kadar) IUE ile elde edilmiş düşük ve yüksek ayırma gücü tayflarının incelenmesi aşağıdaki sonuçları vermiştir :

1) Yıldızlararası kızarma, optik gözlemlerle elde edilenden büyük olup $E(B-V)=0.40$ 'dır. Oldukça büyük bu kızarmaya karşılık hiçbir yıldızlararası kızma gözlenmemiştir.

2) Kısa dalgalınlara doğru gidildikçe dördüncü kontak daha geç olmaktadır.

3) Yıldız erken A türündendir. Kurucz modelleri ile karşılaştırma $T=9500$ °K vermektedir.

4) Optik bölgede çok zayıf kuvvetli salmalar gözlenmesine karşılık UV tayfı esas olarak bir soğurma tayfidir. Esasente orta şiddette ve az sayıda O I, Mg II, Fe II'nin salma kanatları ve oldukça zayıf Ly α salması gözlenmektedir.



Şekil.5. Evreye karşı, 2756 Fe II çizgisinin kırmızı (a) ve mor (b) salma kenatlarının ve 2840 Fe II çizgisinin salmasının (c) $F - F_c / F_c$ merkezi şiddeti.

Maynaklar

- Faraggiana, R., Seivelli, P.L.: 1979, *Astron. Astroph.*, **76**, L18.
Hack, M., Seivelli, P.L.: 1982, *Astron. Astroph.*, **107**, 200.
Hagen, W., Black, J.H., Dupree, A.K.: 1980, *Astroph. J.*, **238**, 203.
Kholopov, P.N. : 1985, *General Catalogue of Variable Stars*, Vol.I.
Kurucz, R.L.: 1979, *Astroph. J. Suppl.*, **40**, 1.
Wawrukiewicz, A.S., Lee, T.A.: 1974, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, **86**, 51.