

YAKIN ÇİFT YILDIZLARIN

SPEKTROSKOPİK VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

M. Turker Özkan¹ ve A. EsenDemir²¹

İUFF Astronomi ve Uzay Bil. Böl. 34452 İSTANBUL

²

ODTU Fizik Bölümü 06531 ANKARA

1 - GİRİŞ

Bugün uzaydaki gökcisimleri ile ilgili bütün bilgi elektromanyetik ışınımdan elde edilir. Bu herhangi bir fizik kanunun sonucu değil, aksine insan gözüyle başlayan tarihsel bir süreçtir. Burdaki önemli nokta elektromanyetik ışınıminin üretiminin doğrudan bu ışını yayan cismin (veya ortamın) fiziksel koşullarına bağlılığıdır. Elektromanyetik ışınımla taşınan bilginin yayılımı, geldiği yol üzerindeki koşullardan dolayı da etkilenir. ışınımin takip ettiği yollar evrenin yerel eğriliğine, bu sebeple de maddenin yerel dağılımına bağlıdır. Sönümleme etkileri farklı dalga boyları için farklıdır. Nötür hidrojen Lyman limiti (913 Å) altındaki bütün ışınımları absorplar. Yıldızlar arası maddenin sebep olduğu saçılma ve absorpsiyon daha çok kısa dalga boylarında etkindir. Yıldızlar arası plazma dalga boyu km ve üstündeki radyo dalgalarını absorplar. Ters kompton olayı relativistik elektronlarla çarpışan düşük enerjili fotonları daha yüksek enerjilere çıkarırken, gama ve x-ışın fotonları da kompton olayı sebebiyle enerjilerini kaybederler.

Gözlemciye gelen ışınımı uzaydaki bu etkilerin dışında son engelleme de arz atmosferi tarafından yapılır. Atmosferin astronomik gözlemlere perturbasyonu esas olarak ışınımin absorpsiyonu ve yayınlanan ışınların birbirine etkisi şeklinde olur. Atmosferik etkilerin sonucunda yerden görsel ve radyo dalgalaboylarında dar bir bölgeden gözlem yapılabilir. Böylece gözlemciye ulaşan ışının hem kaynağın hem de uzaydaki yolu üzerindeki etkileri taşıır. Pratikte yerden 300 km yükseliğe çıkarak atmosferin engellemesinden kurtulabılırız. Bu şekilde tüm dalga boylarında eşit koşullarda uzaydan gözlem yapılabilir. Diğer bir deyişle uzaydan gözlem bütünü dalga boylarını aynı konuma getirerek tüm elektromanyetik spektrumun elde edilmesine olanak sağlar. Bir spektrum frekansının veya dalgalaboyunun fonksiyonu

olarak kaynağın bir görünürlüğdür. Konumuzun temelini oluşturan spektroskopik veriler spektrometreler vasıtasıyla alınan spektrumlardan elde edilirler.

Biz burada spektroskopî ile ilgili temel bilgileri, spektrumların özelliklerini, bunları etkileyen faktörleri, yakın çift yıldızların, özellikle de kataklismik değişenlerin mor ötesi spektrel verilerinin kullanılması ve bu bölgeden elde edilen önemli bulguları sırasıyla anlatmaya çalışacağız.

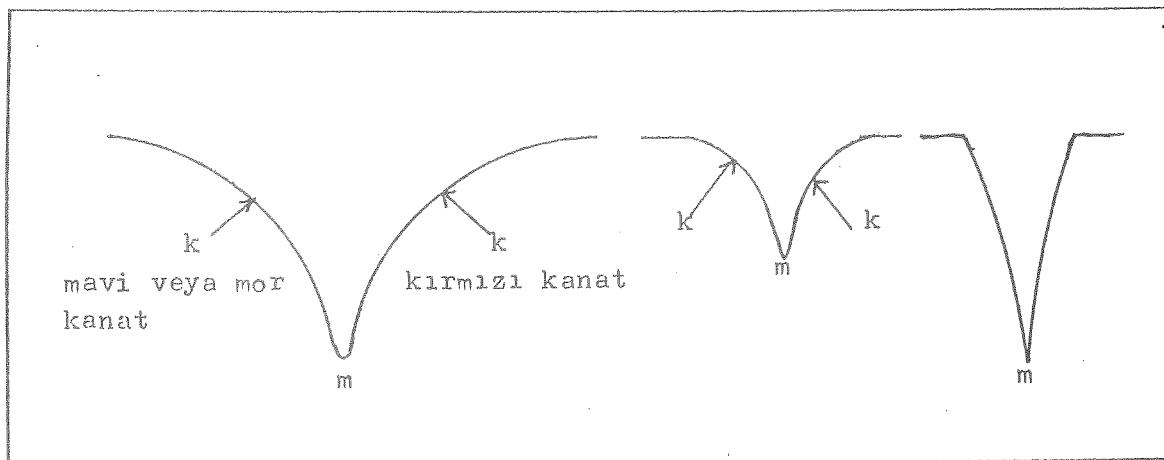
2 - SPEKTRAL ANALİZ

Spektroskopik gözlemlerin sonuçları ya plak üzerinde ya da digital bir kayıt şeklinde elde edilirler. Gerekli indirimeler ya da çizimler yapıldıktan sonra ortaya çıkan sonuç üzerinde çalışmaya hazır durumda olan bir spektrogramdır. Bir spektrum sürekli veya absorpsiyon ya da emisyon çizgileri şeklinde olabilir. Sürekli spektrum durumunda kaynaktan gelen ışınının şiddeti $I(v)$, v ile yavaşça değişir. Çizgi durumunda ise $I(v)$ dar bir aralıkta ($\Delta v \ll v$) çok etkin olarak değişir: Elektromanyetik ışının bir sistemin (molekül, atom iyon, v.b gibi) E_i ve E_j enerji düzeyleri arasındaki ($v = (E_i - E_j) / h$) geçişlerden yayılanır. Spektrel bir çizgi, geçisin yakınındaki emisyon veya absorpsiyon olasılığının frekansla hızla değiştiğinde oluşur. Çizelge-1'de artan enerjiye göre spektrel çizgileri oluşturan temel bağlı-bağılı elektromanyetik geçişler örneklerle beraber görülmektedir.

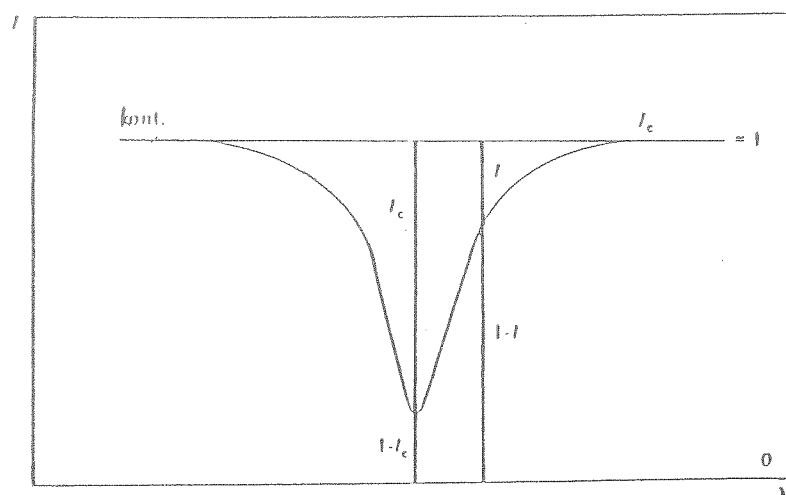
Spektrel çizgilerle ilgili bazı temel özellikler de aşağıdaki gibi verilebilir.

Pozisyon: Spektrum üzerinde çizginin gözlendiği yerdir. Bu büyüklik dalgalaboyu (λ), frekans (v) veya Hz, dalgası sayısı ($1/\lambda$) veya enerji (Chv) cinsinden ifade edilebilir.

Cizgi profili: Bir spektrel çizginin ayrıntılı şekli çizgi profili olarak isimlendirilir. Tipik bir çizgi merkezi kısımı (core) her iki yana uzanmış kanatlardan (wings) oluşur. Kanatlar yıldızlar arası çizgilerde hemen hemen yoktur (Şekil-1'e bak). Eğer spektrel verilerin kaydı şiddete göre yapıldıysa, çizgiler sayısal olarak karakterize edilebilir. Buna göre çizgi derinliği (l) (Şekil-2), merkezi çizgi derinliği (l_c), veya merkezi artık şiddet ($l-l_c$) gibi büyüklikler bu amaçla kullanılabilir. Bu



Sekil-1. Spektrel bir çizginin şematik görünümü. k:kanat; m:çizgi merkezi.



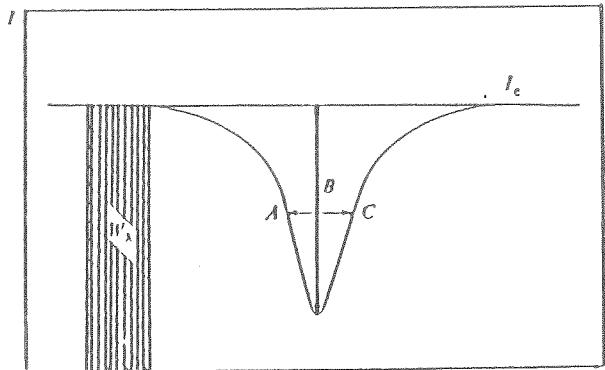
Sekil-2. Bir çizgiyi tanımlayan büyüklükler.
 l :çizgi derinliği; l_c :merkezi çizgi
 derinliği; $l-l_c$:merkezi artıksı şiddet.
 Sürekllilik l_c :f olarak tanımlanıyor.

Tanımlarda çizgi sürekliliği her zaman birim olarak alınır. Diğer taraftan karmaşık profilleri basit şekillerde göstermek üzere "yarı yükseklikteki çizgi genişliği" ve "esdeğer genişlik" (Şekil-3) gibi parametreler kullanılır. Özellikle toplam çizgi şiddetini bulmak için kullanılan esdeğer genişlik, birim yükseklik ve W_λ uzunluğundaki bir dikdörtgenin alanı olarak düşünülebilir. Bundan dolayı gelen ışınının bu çizgiyle sahip olunan enerjinin integraline eşit alanlı dikdörtgenin kenarı esdeğer genişliği verir. Diğer bir deyişle esdeğer genişlik

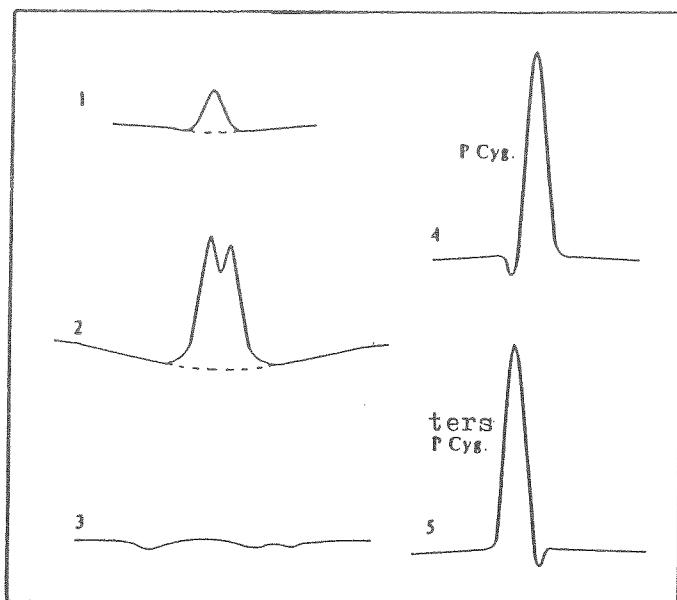
ÇİZELGE - 1

Bağıl-bağılı geçişler

Girişler	Enerji	Spektrel Bölge	Örnek
Hyperfine yapı	10^{-5}	Radyo	Hidrojenin 21 cm çizgisi
Spin yörüngeleri birleşmesi	10^{-5}	Radyo	OH molekülünün 1666MHz geçişleri
Moleküler dönme	$10^{-2} - 10^{-4}$	Milimetrik Kırmızı Ötesi	CO molekülünün 2.6 mm deki geçisi
Moleküler dönme-vibrasyon	$1 - 10^{-1}$	Kırmızı Ötesi	$2 \mu\text{m}$ ye yakın H_2 çizgileri
Atomik ince yapı	$1 - 10^{-3}$	Kırmızı Ötesi	Ne II nin $12.8 \mu\text{m}$ deki çizgisi
Atomlar, molekülerin ve iyonların elektronik geçişleri	$10^{-2} - 10^{-4}$	UV, görsel, kırmızı Ötesi Mor Ötesi, X-ışını	H nin serileri C I ve He I çiz. K,L kabuk elektron çizgileri
Nükleer geçişler	$> 10^4$	Gama ışınları	15.1 eV de ^{12}C çizgisi
Yokolmalar	$\geq 10^4$		511 keV de pozitronium çiz.



Şekil-3. Çizgi genişliği ve eşdeğer genişlik. AC:merkezi yarı yükseklikteki çizgi genişliği; W_B : eşdeğer genişlik.



Şekil-4. Emisyon çizgilerinin beş farklı tipi. 1:merkezi emisyon; 2:self-absorpsiyon; 3:fill-in; 4:P Cygni; 5:ters P Cygni profili.

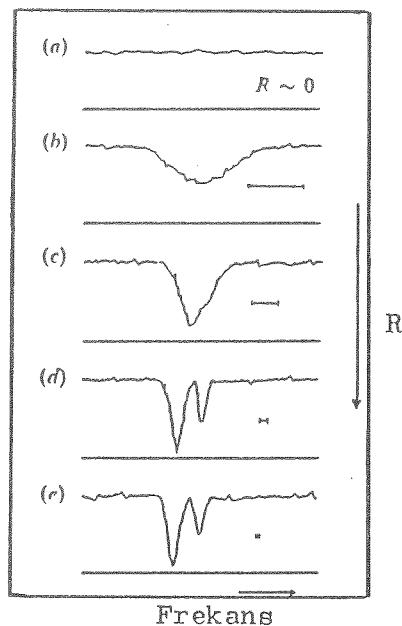
$$W_{\lambda} = \int_{-\infty}^{+\infty} (l_c - l)/l_c d\lambda$$

ile tanımlanır. Eşdeğer genişlik angstrom veya milliangstrom olarak ölçülürken, yarı yükseklikteki çizgi genişliği de $c(\Delta\lambda/\lambda)$ bağıntısı vasıtasıyla km/san cinsinden ifade edilir. Burada $\Delta\lambda$ (Şekil-3, AC uzunluğu) angstrom cinsinden yarı genişliktir.

Cizginin polarizasyonu : Stokes parametreleri ile tanımlanan elektromanyetik ışınının polarizasyonu ile hem kaynağın hem de gelen fotonların yolu üzerindeki bazı fizik koşullar üzerine bilgi sağlanabilir (manyetik alan, saçılma, ortamın basıncı, senkrotron ışını v.b. gibi). Detektör yalnızca bir polarizasyon bileşenini bulabilir. Ancak teleskop üzerindeki optik sistemle bu değiştirilebilir.

Eğer bir absorpsiyon çizgisi emisyonla eşlik ederse, 5 farklı durumla karşılaşılabilir (Şekil-4). Şekil-4(1) merkezi emisyonu gösteriyor. Diğer bir olasılık merkezi absorpsiyon çekirdeği (core) veya self-absorpsiyondur. Cizginin hemen hemen görülememesi durumuna da "fill-in" adı verilir. Şekil-4(4) de biraz sonra bahsedeceğimiz P Cygni profili görülmektedir. Yani kırmızı tarafta bir emisyon vardır. Son

Şekil-5. Ayırma gücü büyürkenblend çizginin ortaya çıkması.
(a) $R(\text{ayırma gücü}) \sim 0$; (b)
çizgi görülmeye başlar; (c)
çizgi çift görülür ama ayrı-
maz; (d) iki çizgi ayrılır;
(e) çizgilerin genişlikleri
artar. Yatay çizgi her göz-
lemeeki aletin spektral ge-
nişliğini gösterir.



durum ters P Cygni profiliidir. Emisyon bu kez mor kenardadır.

Zaman zaman bir çok çizgi birbirine çok yakın bulunur ve birbirinden ayrılamaz. Böyle çizgilere "blend" çizgiler denir. Blend çizgiler dispersiyona bağlıdır ve daha büyük dispersiyon kullanılarak bu çizgileri birbirinden ayırt etmek mümkün olur. Şekil-8 de bu durum açık olarak görülmektedir.

Geç tip yıldızlarda bir çok sözük çizginin birleşmesi nedeniyle kontinyum kesilir. O zaman bu çizgilerin üstünden geçen "pseudo-kontinyum" gerçek kontinyumun oldukça aşağısında kalır. Bu şekilde kontinyum da oluşan büyük bir aralık (boşluk) "süreksizlik" olarak isimlendirilir. Örneğin Balmer süreksızlığı gibi.

Spektrel çizgiler oluşturukları yıldız atmosferindeki yerlerinin fiziksel koşullarını yansıtırlar. Bu da gösterir ki çizginin şekli (profil) birçok faktöre bağlıdır. Bunları iç ve dış etkenler olarak iki grup halinde ifade edebiliriz :

A) İç etkenler

- 1) Doppler etkisi
- 2) Zeeman etkisi
- 3) Stark etkisi
- 4) Çarpışmalar
- 5) Hyperfine yapı

B) Dış etkenler

- 1) Türbülans (yıldız atmosferlerindeki büyük kütle hareketleri)
- 2) Yıldızların kendi eksenleri etrafında dönmesi
- 3) Yıldız atmosferlerinin genişlemesi.

Spektrel analizle ilgili yukarıdaki bilgilerden yararlanarak yapılan cisme ait temel parametreler bulunabilir. En önemlilerini Çizelge-II de görmekteyiz.

Spektrel analizle ilgili son olarak kullanılan çizelgeleri, atlasları, ve katologları verelim.

a) Çizgi identifikasiyon çizelgeleri.

Bu çizelgeler kimyasal bir elementi karakterize eden spektrel çizgileri içerirler. Genellikle dalgaboyları, çizgi şiddetleri, elementin iyonizasyon safhasına karşılık gelen tanısı ve geçişin spektroskopik gösterimi de bu çizelgelerde verilir. Kullanılanlar söyle:

CİZELGE-II

Spektruma ait ölçülen veya hesaplanan büyüklüklerle karşılık gelen yıldızla ilişkin fiziksel parametreler

Ölçülen veya hesaplanan büyüklük Cisme ait parametre

Çizgi pozisyonu	Elementin identifikasiyonu
Siddet veya eşdeğer genişlik	Bolluk
Çizgi pozisyonu, profil	Makroskopik hız alanı
Siddet, genişlik	Sıcaklık, basınc, gravite
Profil	Mikroskopik hız alanı
Zeeman bileşenleri, polarizasyon	Manyetik alan

- 1-An ultraviolet multiplet table (Moore, 1950, 1952, 1962).
- 2-Atomic and ionic emission lines below 2000 angstroms (Kelly and Palumbo, 1973).
- 3-Tables of spectrel lines of atoms and ions (Striganov and Odintsova, 1982).
- 4-Line spectra of the elements (Reader and Corliss, 1982).

b) Atlaslar.

Atlaslar spektrel sınıflama sistemlerini gösteren grafik dökümlanlardır. Bu nedenle her sistemin kendine ait atlası vardır. En çok MK sistemi kullanıldığı için buna ait optik ve mor ışesi atlaslarını veriyoruz.

- 1-Revised MK spectral atlas for stars earlier than the sun (Morgan, Abt and Tapscott, 1978).
 - 2-An atlas of spectra of the cooler stars. Types G, K, M, S, and C (Keenan and McNeil, 1976).
 - 3-An atlas representative stellar spectra (Yamashita, Narai and Norimoto, 1977; 73Å/mm).
 - 4-An atlas of grating spectra at intermediate dispersion (Landi-Dessy, Jaschek and Jaschek, 1977; 42Å/mm).
 - 5-An atlas of objective prism spectra (Houk, Irvine and Rosenbush, 1974; 108Å/mm).
 - 6-An atlas for objective prism spectra (Seitter, vol. I, 1970; 240Å/mm; vol II, 1975; 645 and 1280Å/mm).
- Mor ışesi bölgeyi içeren atlaslar:
- 1-An atlas of ultraviolet stellar spectra (Code

- and Meade, 1979, 1980; $\lambda\lambda 1200-3600\text{\AA}$.
 2-An atlas of ultraviolet stellar spectra
 Cucchiaro, Jaschek and Jaschek, 1978; $\lambda\lambda 1380-2740\text{\AA}$.
 3-The IUE low dispersion reference atlas
 (Heck, Egret, Jaschek and Jaschek, 1984; $\lambda\lambda 1200-3200\text{\AA}$).

c) Katologlar.

Katologlar verilen bir data tipindeki kolleksiyondur. Çok sayıda katolog vardır. Bunların ayrıntısı Jaschek (1984) tarafından verilmiştir.

Spektrel analizle ilgili bu temel bilgileri artık çift yıldızlara uygulayabiliriz. Özellikle mor ötesi spektrel veriler göz önüne alınacak, ve bu veriler vasıtasıyla çift yıldızların özel bir grubu olan kataklismik değişimlerin değerlendirilmesini ve burdan çıkan sonuçları tartışacağız.

3 - MOR ÖTESİ SPEKTREL VERİLERİ

SUPHESİZ TÜM ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM ÖNEMLİ OLMASINA RAĞMEN BİZ BURADA SPEKTRUMUN 1000 - 3300 Å ARALIĞINI İÇEREN MOR ÖTESİ BÖLGESİ ÜZERİNDE DURACAGIZ. BUNUN DA SEBEBI BU BÖLGEDE BOL MİKTARDA SPEKTREL VERİNİN BIRİKMESİNDEN KAYNAKLANIYOR. BUNA EN BÜYÜK KATKI 1978 DE YÖRÜNGEYE OTURTULAN "ULUSLARARASI MOR ÖTESİ UYDUSU" Veya KISA ADIYLA IUE GÖZLEMЕVİNDEN GELMİŞTİR. BU GÖZLEMЕVİ UÇUS SİSTEMİ İLE YER SİSTEMİNDEN OLUŞMUSTUR. UÇUS SİSTEMİ UZAY ARACINI TELESKOBU VE DIĞER BİLİMSEL ALETLERİ İÇERİR. YER SİSTEMİ İSE ABD'NIN MARYLAND'DAKİ GODDARD UZAY MERKEZİNDE BULUNAN NASA IUE KONTROL MERKEZİ İLE İSPANYADA MADRID'E YAKIN VILLAFRANCE UYDU İZLEME İSTASYONUNDAKİ (VILSPA) ESA IUE GÖZLEMЕVİNDEN OLUŞUR. IUE UYDUSU BİR 45 CM'LİK F/15 CASSEGRAIN TELESKOP İLE 1150 VE 3200 Å ARALINDAKİ SPEKTREL BÖLGEDEKİ MOR ÖTESİ SPEKTROSKOPİSİ İÇİN İKİ ECHELLE SPEKTROGRAF TAŞIR. İKİ ALETE İLİŞKİN PARAMETRELER ÇİZELGE-III DE ÖZETLENMİŞTİR.

IUE DEN ELDE EDİLEN MOR ÖTESİ SPEKTREL VERİLERİNİ MANYETİK BANTLAR HALİNDE VILSPA İSTASYONUNDAN KOLAYLIKLA İSTENEŞİBİLİR. HAM İMAJLARI İÇEREN BU MANYETİK TEYPLERDEN, ALET HATALARINDAN KURTULARAK DOĞRU VE STANDART BİR ŞEKLDE KULLANICILARIN DOĞRADAN YARARLANABILECEĞİ VERİLERİ ELDE ETMƏK İÇİN IUESIPS (IUE SPECTRAL IMAGE PROCESSING SYSTEM) SİSTEMİ GELİŞTİRİLDİ. HAM DATALAR DAN KALİBRE EDİLMİŞ IUE SPEKTRUMLARINI OLUŞTURMAK GEREKLİ İŞLEM AŞAMALARI ÇOK

karmaşıktır ve IUE deki aletlerin özelliklerinin ve kalibrasyonun bilinmesine dayanır. Bu zorluğu aşmak üzere bir IUESIPS yazılım programı hazırlanmıştır. Böylece kullanıcı bu programı kullanarak doğrudan dalga boyuna karşılık gelen aki-sayısı (flux-number) ni kolayca bulabilir. Daha sonra spektrumun alındığı poz müddetini ve her bir kamera ile ilgili ters duyarlılık fonksiyonu S_λ kullanılarak dalga boyunun fonksiyonu olarak mutlak aki değerleri hesaplanabilir.

ÇİZELGE-III

Bilimsel aletlere ilişkin özellikler*

TELESKOP

Optiği	Richey-Chretien
Açıklık	45 cm
Birincil aynanın odak oranı	f/2.8
Etkin odak oranı	f/15
Plak eşeli	30.6 yay saniyesi/mm
Görüntü kalitesi	3 yay saniyesi
Görüş alanı	16 yay dakika çaplı

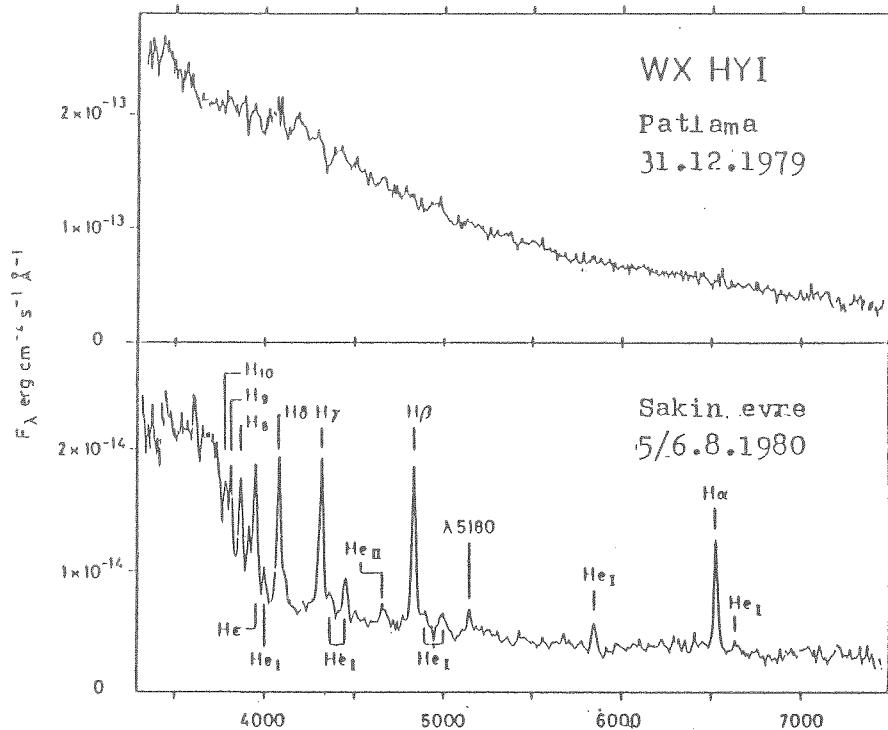
SPEKTROGRAFLAR

Tip	echelle	
Giriş açılığı	3 yay saniyesi dairesel veya yaklaşık 10X20 yay saniyesi oval	
Dedektör	4 SEC Vidicon kamera	
<u>Yüksek dispersiyon</u>	<u>kısa</u>	<u>uzun</u>
Dalga boyu aralığı (Å)	1165 - 2126	1845 - 3230
Ayırma gücü	10^4	10^4
<u>Düşük dispersiyon</u>		
Dalga boyu aralığı (Å)	1150 - 2000	1825 - 3300
Ayırma gücü	6	6

*ESA September 1989 'dan alınmıştır.

4 - KATAKLISMIK CIFT YILDIZLARIN CIZGI SPEKTRUMUNDAKI DEGISIMLER

Kataklismik değişen yıldızlar oldukça sönük sistemler olduklarından, bunlara ait gerçekten çalışılabilecek nitelikte spektrel verileri elde edebilmek için etkin spektrograflara ve dedektörlere gereksinim vardır. Bu yıldızlara ait spektroskopik çalışmaların çoğunda elektromanyetik spektrumun 3300 ile 5000 Å aralığını içeren fotoğrafik bölge kullanıldı. 5000 ile 10000 Å arasındaki bölge çok az araştırıldı. 1000 den 3000 Å 'e kadar olan mor ötesi bölgesindeki spektrel verilerin elde edilmesine IUE uydusu ile başlandı. Kataklismiklerin mor ötesi spektrumları bu sistemlere ilişkin bir çok sorunun anlaşılmamasında çok etkin bir rol oynadı. Bu bölümde kataklismik çiftlerin görsel ve mor ötesi bölgede gözlenen çizgilerin özelliklerini tartışacağız.



Dalga boyu(ʌ)

Sekil-6. Wx Hydri'nin patlama ve sakin dönemlerindeki görsel bölge spektrumu (Hassall ve ark., 1983).

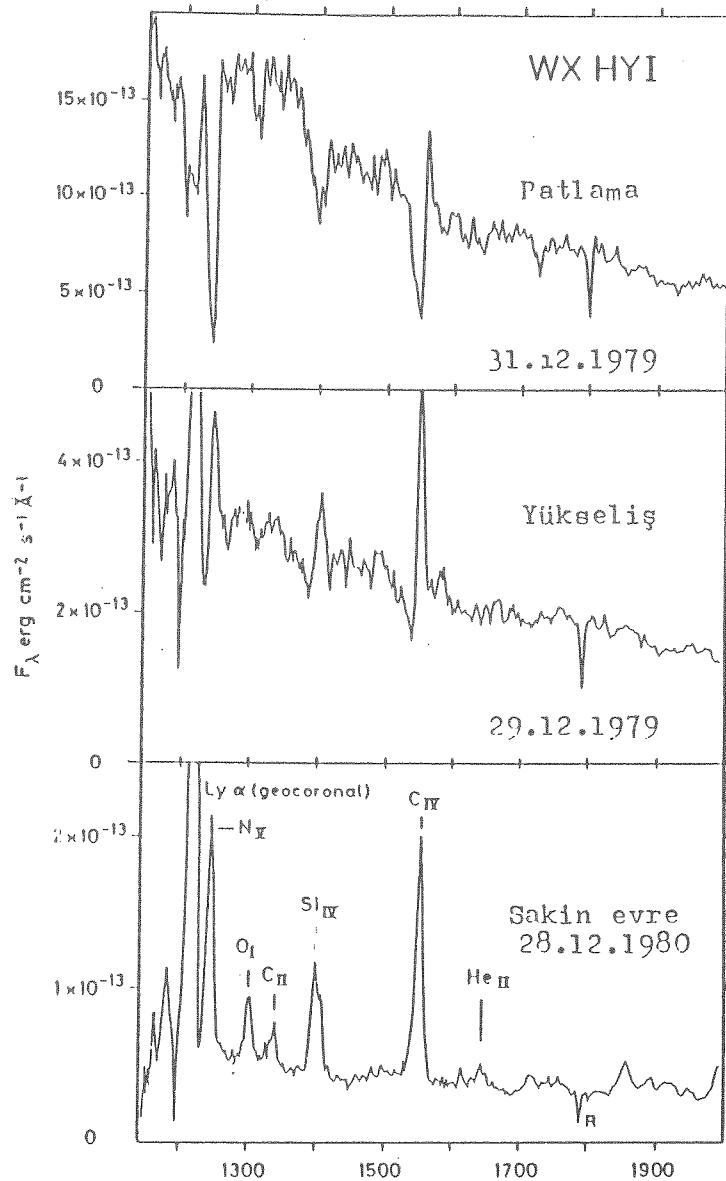
Cüce novaların sakin evrelerinde akresyon diskı, parlak nokta, ve gaz akımından ortaya çıkan kuvvetli emisyon çizgileri görülür. Özellikle hidrojenin çizgileri ve nötral helyum (He I) her zaman mevcuttur (Şekil - 6). Bir kere iyonlaşmış helyum (He II) ve bir kere iyonlaşmış kalsiyum (Ca II) çizgileri de oldukça kuvvetlidir. Diğer elementlerin, 5169 \AA deki bir defa iyonlaşmış demir (Fe III) gibi, emisyon çizgileri bir kaç cisimde görülmüştür. Zayıf çizgileri, blend ve geniş olmaları nedeniyle belirlemek güçtür.

Patlama sırasındaki optik emisyon çizgi spektrumu geniş ve derinliği az olan absorpsiyon çizgileri ile yer değiştirir (Şekil-6). Yine hidrojen ve nötral helyum en kuvvetli çizgilerdir. He II 'nin 4686\AA çizgisi bazen emisyon olarak gözükür. Hidrojenin geniş absorpsiyon çizgilerinin merkezlerinde dar emisyon korları (cores) gözlenir. Cüce novanın parlaklığı sakin evreye doğru giderken çizgi spektrumu da sakin evre karakterine döner ve aynı zamanda çizgilerin emisyon korları oldukça önemli hale gelir.

Şimdi de kataklismik değişenlerin mor ötesi spektrumlarını göz öndne alalım. Bu dalga boyu bölgesinde yüksek mertebeden iyonize olan elementlerin kuvvetli çizgileri spektruma hakimdir. Özellikle Üç kez iyonize karbon (C IV) ve silisyum (Si IV) ve dört kez iyonize olmuş azot (N V) 'un çizgileri en önemlilerindendir. Yüksek sıcaklığın karakteristiği olan bu çizgiler, düşük sıcaklığın göstergesi olan bir kez iyonlaşmış magnezyum (Mg II) 'un çizgileriyle aynı anda emisyon olarak bulunurlar. (Şekil-7'ye bakınız).

Mor ötesi çizgilerin şiddetleri ile görünen bölgedeki çizgiler arasında herhangi bir korelasyon gözükmemektedir. Bu iki olayı gösterir. Birincisi, mor ötesi çizgiler görsel çizgilerin olduğu bölgeden uzak olan diskin yukarısında ortaya çıkarlar. İkincisi, çizgilerin oluşması için az bir madde yeterlidir, öyle ki diskteki küçük değişiklikler çizgi şiddetlerinde büyük değişimlere yol açarlar.

Cüce novaların patlama spektrumlarında yine optik bölgede olduğu gibi mor ötesi çizgileri de absorpsiyon olarak ortaya çıkarlar. Bununla beraber bazı cisimlerde C IV , Si IV ve N V çizgilerinin aynı anda emisyon ve absorpsiyon bileşenleri mevcuttur. Absorpsiyon bileşeninin merkezi dalgaboyuna göre kısa dalgaboyerine doğru yerdeğisimi $3000 - 5000 \text{ km/san'lik}$ hızlara karşılık gelir.

Dalgaboyu(\AA)

Şekil-7. WX Hydi'nin farklı etkinlik zamanlarının daki mor ötesi spektrumu (Hassal ve ark. 1983).

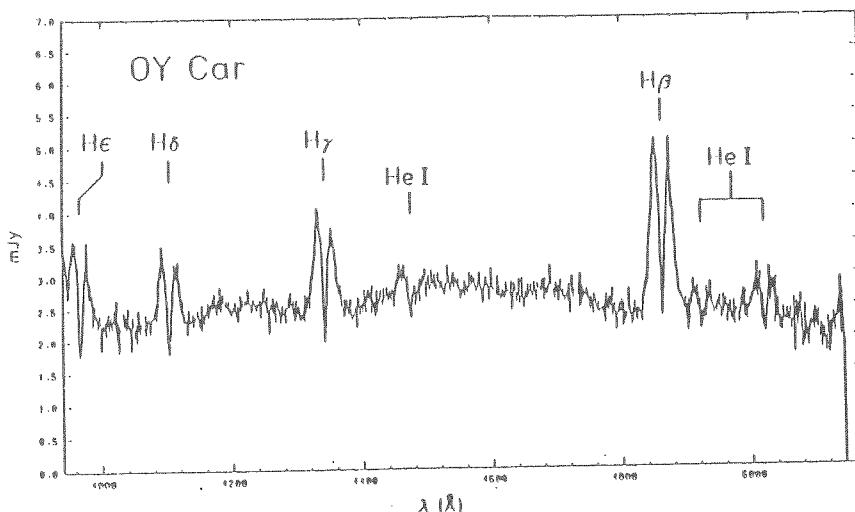
Bu P Cygni çizgilerinin (Şekil-7) diskten ayrılan maddenin rüzgarındanoluştuğu düşündür. Gözlemeviye gelen atomlar (böylece daha kısa dalgaboylarına kaymış olurlar) diskten gelen ışığı bakış doğrultusunun dışına saçarlar. Bu nedenle bu dalgaboylarında aki azalmış olur.

Kataklismiklerin sakin evrelerinde neden emisyon ve patlama evrelerinde ise neden absorpsiyon çizgilerinin görüldüğü açık değildir. Olasılı bir açıklama şöyle olabilir : diskteki gazın sürekli opasitesi azalan sıcaklıkla beraber hızla düşer. Buna göre sakin durumda akresyonun soğuk dış katmanları optik olarak ince bir kontinyum verecek şekilde zayıf bir ışınımda bulunurken, optik olarak kalın kısımda oluşan çizgilerde ise ışının kuvvetlidir. Böylece zayıf kontinyuma göre çizgiler emisyon olarak görülürler. Patlama evresinde ise disk daha yoğun ve sıcaktır, öyle ki diskin heryeri optik olarak kalındır. Bunun sonucunda da absorpsiyon çizgileri optikçe kalın normal yıldız atmosferlerindeki gibi meydana gelecektir.

5 - SPEKTREL ÇİZGİLERİN YÖRÜNGESEL ÖZELLİKLERİ

Kataklismik çift yıldızlarda bileşenden gelen absorpsiyon çizgilerini görmek veya ölçmek genellikle zordur. Bunun sebebi kısmen diskin sürekli ışınımdan kısmen de kırmızı yıldızın yörunge frekansı ile dönmesinden kaynaklanır.

Eğer ikinci yıldızın absorpsiyon çizgi spektrumu ölçülebilirse, o zaman çizgilerin dalgaboyu kaymalarını kullanarak yıldızın sistemin kütle merkezi etrafındaki dönmesini bulmak mümkün olur. Yıldızın radyal hızı yörunge fazına göre çizilerek hız değişiminin genişliği K_R , bu egriden belirlenebilir. Bir kataklismik değişen yıldızın spektrumdaki emisyon çizgileri peryodik hız değişimleri gösterirler. Her iki bileşenin hız egrilerine baktığımızda emisyon ve absorpsiyon çizgilerinin zıt fazda hareket ettiği görülür. Diğer bir deyişle, çizgilerin bir seti maksimum uzaklaşma hızına yaklaşırken diğer bir grup çizgide maksimum uzaklaşma hızına gelir. Bu durum emisyon çizgilerinin diskte olduğunu ve beyaz çücenin yörunge hareketini yansıtır. beyaz çücenin hız değişiminin genişliği K_w , de K_R gibi belirlenir. Böylece bu iki büyükliğin bilinmesi bizi iki yıldızın kütleyerinin çıkarılmasına (stabili eğim açısı i 'nin de bilinmesiyle) götürür.



Şekil-8. OY Carinae cüce novasının hidrojen ve helyuma ait emisyon çizgilerinin çift-tepebilliğini gösteren görsel bölge spektrumu.

(Bailey ve Ward, 1981)

Son olarak çizgi şekillerini karakterize eden Üç Önemli Özellikten söz edelim. İkinci, herhangi bir kataklismik değişenin spektrumunda emisyon çizgilerinin genişliği $\Delta\lambda$ dalga boyu λ ile $\Delta\lambda/\lambda$ oranı yaklaşık sabit kalacak şekilde sistematik olarak değişir. İkincisi, bir çok sistemde özellikle de tutulma gösterenlerde hidrojen emisyon çizgilerinin çift-tepecli bir yapısı vardır (Şekil-8). Üçüncüsü de, yörüngede eğiminin büyük olduğu sistemlerde çizgi genişliklerinin daha büyük olmasıdır. $\Delta\lambda/\lambda$ 'nın sabit oluşu gösterir ki, çizgilerin genişlemesine neden olan en önemli etki diskteki gazın hareketiyle ortaya çıkan Doppler kaymasından gelir. Bakış doğrultusunda $\pm v$ hızı ile hareket eden gaz, labaratuvar dalgalaboyu λ dan $\lambda = \pm (v/c)\Delta\lambda$ miktarında yer değiştirmiş bir dalgalaboyunda ışınım yayırlar. Diğer çizgi genişleme mekanizmaları (spektral analiz bölümune bakınız) çizgi genişliklerinin burdaklı gibi değişmeyecek bir şekilde genişleme oluştururlar. İkinci ve Üçüncü etkiler, emisyonu meydana getiren gazın sistemin yörüngede düzleminde beyaz cücenin etrafında dairesel yörüngelerde hareket ettiğini varsayıarak anlaşılabilir. Madde daha büyük bir yarıçapta iken daha küçük hızları fakat daha fazla ışın yayılama alanları olacaktır. Bu da iki emisyon tepesi verir. Diskin yaklaşan

tarafındaki gazdan maviye kaymış tepe ve uzaklaşan tarafından ise kırmızıya kaymış tepe oluşur. Madde beyaz cüceye yakınsa daha büyük yörünge hızları dolayısı ile daha büyük Doppler kaymaları gözlenecektir.

Örten sistemlerdeki emisyon çizgilerinin yüksek-hız spektroskopik gözlemleri çizgi çiftleşmesinin bu yorumunu destekler. Önce maviye kaymış emisyon örtülür, sonra mavi kanat takip eder, ardından kırmızı kanat ve sonunda da kırmızı tepe gelir. Çizginin çeşitli kısımlarında aynı düzende görülür. Burdan şunu söyleyebiliriz: Önce akresyon diskinin yaklaşan kısmı örtülür, sonra diskin hızlı dönen merkezi kısımları ve sonra da uzaklaşan kısımlar örtülür. Ancak bazı sistemler de, OY Carinae de olduğu gibi (Şekil - 8), tepeler arası kanatlar kontinyum seviyesinden de aşağıya iner. Bu durumda yukarıda ifade edilen model her zaman gözlenen emisyon çizgi profillerini açıklıyor.

TEŞEKKUR

Bu çalışma İ.U. Araştırma Fonu tarafından desteklenen Fen 335/041287 kod ve numaralı proje içinde gerçekleştirılmıştır.

KAYNAKLAR

- Bailey J. ve Ward M.J. 1981, Mon. Not. R. astr. Soc., 194, 17P.
 Code A. D. ve Meade M.R. 1979, Ap. J. Suppl. 39, 195.
 Cucchiaro A., Jaschek M. ve Jaschek C. 1978, Liege and Strasbourg Observatories.
 Hassal B. J. M. et al. 1983, Mon. Not. R. astr. Soc., 203, 865.
 Heck A., Egret D., Jaschek M ve Jaschek C. 1984, ESA SP-1052.
 Houk N., Irvine N.J. ve Rosenbush D. 1974 *An atlas of objective-prism spectra*, University of Michigan.
 Jaschek C. 1984, QJRAS 25, 259.
 Jaschek C. ve Jaschek M. 1987, *The classification of stars*, Cambridge Univ. Press.
 Keenan P. C. ve McNeil R.C. 1976, *An atlas of spectra of the cooler stars*, Ohio State Univ. Press.
 Kelly R.L. ve Palumbo L.J. 1973, NRL Report N. 7599.
 Landi-Dessy J., Jaschek M. ve Jaschek C. 1977, *Observatorio Astronomico de Cordoba-Argentine*.

- Lena P. 1986, *Observational astronomy*, Astron. and Astropys. Library, series ed. M. Harwit, R. Kippenhahn, J. P. Zahn, Springer-Verlag Berlin.
- Moore C.E. 1950, *An ultraviolet multiplet table*, NBS Circ. 488, section I.
- Moore C.E. 1952, *An ultraviolet multiplet table*, NBS Circ. 488, section II.
- Moore C.E. 1962, *An ultraviolet multiplet table*, NBS Circ. 488, section III-IV.
- Morgan W.W., Abt H.A. ve Tapscott J.W. 1978, *Revised MK special atlas for stars earlier than the sun*, Yerkes Observatory and Kitt Peak National Observatory.
- Pringle J.E. ve Wade R.A. 1985, *Interacting binary stars*, Cambridge Univ. Press.
- Reader J. ve Corliss C.H.(ed.) 1982 in *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 63rd edition, West R.C. and Boca Raton F.L.(ed.) CRC Press.
- Seitter W.C. 1970, *An atlas for objective spectra*, vol. I, F. Dummler Verlag, Bonn.
- Seitter W.C. 1975, *An atlas for objective spectra*, vol. II, F. Dummler Verlag, Bonn.
- Striganov A.R. ve Odintsova G.A. 1982, *Tables of spectral lines of atoms and ions*, Energoizdat, Moscow, USSR.
- Yamashita Y., Narai K. ve Norimoto Y. 1977, *An atlas of representative stellar spectra*, University of Tokyo Press.

