

Defpos ile ζ oph hı bölgesinden H α ölçümleri

Muhittin ŞAHAN¹, Nazım AKSAKER², İlhami YEĞİNGİL³

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, OSMANIYE

²Çukurova Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, ADANA

³Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, ADANA

Anahtar Kelimeler

Fabry-Perot Tayfölçeri
Veri Analizleri
HII Bölgeleri
Gezegenimsi Bulutsular

ÖZET

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG, Antalya) bulunan RTT150 teleskopunun coudé çıkışına yerleştirilen DEFPOS (Çift Etalonlu Fabry Perot Optik Tayfölçeri) Gökadamızdaki (Samanyolu) iyonize olmuş ortamlarından gelen H α salma çizgilerini ölçmek için kullanılmıştır [1]. O9.5 V tayf türlü ζ Oph yıldızının çevresindeki klasik HII bölgesinin 3 farklı noktasından H α ışınım gözlemleri yapılmıştır. HII doğrultusunda yapılan ölçümlerden, ölçülen noktaların ortalama parlaklık değerleri 86 R ile 92 R (1 R 1 Rayleigh= $10^6/4$ foton $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$), ortalama LSR (Local standart of Rest Durgun Yerel Standart) hızları 1 km/s ile 3 km/s ve ortalama yarı genişlikleri de 23.44 km/s ile 24.4 km/s arasında olduğu görülmüştür. Sonuçların literatürde verilen değerler ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, önce DEFPOS tayfölçeri ve veri analizi hakkında, daha sonra, ζ Oph HII bölgesinden elde edilen veriler hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışmada, DEFPOS tayfölçeri ve veri analizi hakkında bilgi verildikten sonra, ζ Oph HII bölgesinden elde edilen veriler hakkında bilgi verilmiştir.

H α measurements toward ζ oph hii region with defpos

ABSTRACT

DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer) located in coudé exit of RTT150 telescope at TUBITAK National Observatory (TUG, Antalya) has used to measure H α emission line from diffuse ionized gas in Our Galaxy (The Milk Way) [1]. H α emission line observations were made in direction toward three different points of HII region around O9.5 V ζ Oph star. From observations toward HII region, we found the mean intensity to be 86 R and 92 R (1 R 1 Rayleigh= $10^6/4$ photon $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$), the mean LSR velocity to be 1 km/s to 3 km/s and also the mean line-width approximately to be 23.44 km/s and 24.4 km/s. We found that our results are in close agreement with early results given in literature. In this study, we give information firstly about DEFPOS spectrometer and then its data analysis and methods finally about the data obtained from ζ Oph HII region.

Keywords

Fabry-Perot spectrometer
Data Analysis
HII Regions
Planetary Nebulae

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-posta: msahan2000@yahoo.com

1. GİRİŞ

Samanyolu Gökadasındaki yıldızlar, yıldızlararası ortam (Interstellar Medium ISM) olarak adlandırılan son derece zayıf ve yayılmış bir ortam içinde bulunmaktadır. Yıldızlararası ortam; gazlar, tozlar, kozmik ışınlar olarak adlandırılan yüklü parçacıklardan ve manyetik alanlardan oluşmaktadır. Gökadada çok geniş bir alanı kapsamına rağmen, gökadanın toplam kütesinin sadece çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, gökada ekosisteminde meydana gelen fiziksel ve kimyasal oluşumların çoğunda hayati bir rol oynamaktadır. 1927 yılında Edward Emerson Barnard, Samanyolu Gökadasının fotoğrafik atlasını yayınladığında, yıldızlararası ortamın büyük ölçüde karmaşık bir yapıya sahip olduğunu görmüştür. Bu atlas, arkafondan gelen yıldız ışığını engelleyen koyu bulutların var olduğunu göstermektedir [2]. Samanyolu Gökadası ile birlikte diğer gökadalarda yapılan gözlemler, gökadalardan kütlelerinin yaklaşık %5 ile %10'unu yıldızlararası ortamın oluşturduğu saptanmıştır. Dolayısıyla, Samanyolu Gökada sistemi sadece yıldızlardan değil, yıldızlararası uzayın her yerine rastgele dağılmış, oldukça sönük gaz ve toz karışımı maddelerden oluşmaktadır [2].

Yıldızlararası maddenin yaklaşık %99'u yıldızlararası gazdan (atomlar, moleküller, iyonlar ve elektronlar) ve kalan %1'i ise tozlardan (ince katı parçacıklar) oluşmaktadır. Gaz yaklaşık %90 hidrojen (H) ve geri kalan %10'u ise helyumdan (He) ve ~%0.1'lik karbon (C), Silisyum (Si), Demir (Fe) gibi He'dan daha ağır elementlerden oluşmaktadır [2]. Galaktik disk ya da galaktik orta düzlemde bulunan yıldızlararası hidrojen bulutları; moleküler gazların oluşturduğu çok soğuk ($T \sim 10-20$ K) karanlık moleküler gaz, sıcak ($T \sim 100$ K) (çoğunlukla nötr) atomik hidrojen (H^0) gaz (HI bölgeleri) ve sıcak (10^4 K) iyonize olmuş hidrojen (H^+) (HII bölgeleri) olmak üzere 3 bileşene ayrılmıştır [3]. Yapılan çalışmalar, HII bölgelerinin gökadada içindeki iyonlaşmış hidrojenin yaklaşık %90'unundan sorumlu olduğunu ve gökada diskinin 2 kiloparsek ($1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{13}$ km) kalınlıktaki tabakasının %20'sini dolduran sıcak (10^4 K), düşük yoğunluklu ($\cong 0.1 \text{ cm}^{-3}$) ve yaklaşık tamamı iyonlaşmış hidrojen bölgelerinden oluştuğunu göstermiştir [4, 5]. Yayılmış durumdaki sıcak, iyonize olmuş ortam (Warm Ionized Medium WIM) yıldızlararası ortamın en önemli bileşenini oluşturmaktadır. Gökada düzlemine dik bir çizgi boyunca iyonize olmuş hidrojenin kolon yoğunluğu $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ civarındadır ve atomik (HI) hidrojenin $1/3$ 'ü kadardır. [6, 7]. Yıldızlararası ortamdaki hidrojeni iyonlaştıran mekanizmanın kaynağının ne

olduğu henüz tam olarak bilinmemekle birlikte iyonlaşma mekanizması hakkında değişik modeller ileri sürülmüştür. Bu modeller O tayf türlü yıldızların yaydığı enerji nedeniyle çevrelerindeki gazın iyonlaşması; gökadamızdaki manyetik rüzgârların etkisi gibi egzotik nedenler; kozmik ışınlardan kaynaklanan elektronların etkileri ve karanlık maddenin bozunmasına kadar değişik nedenler ileri sürülmektedir [6, 7, 8].

HII bölgelerinden bir tanesi Ophiuchus takımyıldızında bulunan ve merkezinde ζ Oph (Zeta Ophiuchi) yıldızı bulunan Sh2-27 klasik HII bölgesidir (HD 149757, $\alpha_{2000} = 16^{\text{h}} 37^{\text{m}} 09^{\text{s}}.5$, $\delta_{2000} = -10^{\circ} 34' 01''.5$). ζ Oph HII bölgesi gökyüzünün en geniş HII bölgelerinden biridir. Merkezinde genç O9.5 V tayf türüne sahip bir yıldız vardır. Yıldız, çevresindeki gazı iyonlaştırarak düşük yoğunluklu, tamamı iyonize olmuş bir gaz ortamı oluşturur. Sh2-27 HII bölgesinin açısal çapı yaklaşık 10° ve genişliği 24 pc kadardır [9]. Güneşten 200 pc mesafede [10] olan ζ Oph HII bölgesi gökadanın orta düzlemi boyunca uzanmakta ve sıcak iyonize ortamın doğası hakkında önemli bilgiler sağlar. Etrafındaki HII bölgesi ilk kez 1952 yılında Sharpless ve Osterbrock [9] tarafından bahsedilmiştir. 1955 yılında da Morgan ve arkadaşları [11] $H\alpha$ çizgisinde bölgenin ilk görüntüsünü elde etmişlerdir. Görüntüden yaklaşık tüm görüş alanı 12° 'lik açısal çapa sahip olan yaklaşık küresel, fakat tamamen şeffaf olarak şekillenmiş bir bulutsu olduğu görülmüştür. Daha sonra, HII bölgesinin en hassas fotoğrafı ise Sivan (1974) tarafından yayınlanmış ve bu fotoğraftan da açısal çapının yaklaşık 13° olduğu hesaplanmıştır [13]. Sivan'ın $H\alpha$ bandında alınmış plakası üzerinde Sh2-27'de koyu bulutların varlığı da görülmüştür.

HII bölgelerinin görünür bölgede yaptığı ışınım sönük Balmer α ($H\alpha$ 6563Å) ışınımıdır. Yıldızlararası ortamda bulunan yayılmış durumdaki sönük kaynakların yüksek çözünürlüklü tayfsal analizleri için Fabry-Perot tayföçerleri oldukça uygun aletlerdir [14]. $H\alpha$ ışınımının çalışılması aynı zamanda birçok çalışma için önemli bir araçtır. $H\alpha$ tayflarını kullanarak bölgenin $H\alpha$ haritaları hazırlanarak bölgenin sıcaklığı, hızı gibi pek çok kinematik özelliği incelenmektedir [15]. Aynı zamanda HII bölgelerinin hızlarının çalışılması gökadanın dinamiği hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır [16]. Bu amaçla, WHAM (Wisconsin Hydrogen Alpha Mapper Kitt Peak Gözlemevi, Arizona, A.B.D.) tayföçeri ile 1997 yılından sonra kuzey gökkürenin 1° açısal çözünürlük ve 12 km/s tayfsal çözünürlükte yaklaşık 37.000 tayftan oluşan ilk tayfsal $H\alpha$ haritası [15] ve görüntüleme

kameraları kullanılarak VTSS (The Virginia Tech Spectral-Line Survey) H α haritası [17] ve SHASSA (The Southern H-alpha Sky Survey Atlas) [18] H α haritaları hazırlanmıştır.

Samanyolu gökadamızdaki yayılmış durumdaki iyonlaşmış hidrojen gazından çıkan hidrojenin zayıf Balmer- α (H α) ışınım çizgilerini yüksek açısal çözünürlükle (4 açı dakikası 4') ölçmek ve bölgenin kinematik özelliklerini inceleyebilmek amacıyla, DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer- Çift Etalonlu Fabry-Perot Optik Tayföçeri) adı verilen bir Fabry-Perot tayföçer yapılmıştır. 7.5 cm çaplı çift etalonlu tayföçer, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG), (Antalya/Bakırlitepe) bulunan 150 cm çaplı RTT150 teleskopunun coudé çıkışında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bir sonraki kesimde DEFPOS hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

DEFPOS tayföçeri TUG' da (36°49'27" Kuzey, 20°20'08" Doğu ve Yükseklik 2500 m) bulunan RTT150 teleskopunun coudé çıkışına yerleştirilmiş ve 2007'den itibaren Samanyolu gökadasının sıcak, düşük yoğunluklu ve iyonize olmuş ortamlarından zayıf salma (emisyon) çizgilerini ölçmeye başlamıştır. Aşağıda DEFPOS tayföçeri hakkında açıklamalar yapıldıktan sonra tayföçer ile alınan verilerin veri analizlerinin nasıl yapıldığı hakkında kısa bilgi verilmiştir.

2.1. DEFPOS Tayföçeri

Yukarıda belirtildiği gibi Samanyolu Gökadasının iyonize olmuş ortamlarından gelen sönük H α çizgisini ölçmek ve bölgenin yapısı hakkında detaylı bilgi edinmek amacıyla, DEFPOS adı verilen bir tayföçer yapılmıştır. Tayföçer, TUG' da bulunan 150 cm'lik teleskopun coudé çıkışında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Şekil 1) [1]. Teleskop coudé odağında kullanıldığında gökyüzüne yaklaşık 4' 'lik ($\sim 0.066^\circ$) çok dar katı açı ile bakmakta ve gökyüzünden gelen ışığı coudé odağına 4' ile odaklamaktadır. Galaktik H α ışınımı yaklaşık 200 km/s (4.4 Å) hız aralığında değiştiğinden, galaktik H α ışınımının tamamını tarayabilmek için gelen ışınımın Fabry-Perot etalonları arasına 2°.09 açıyla odaklanması gerekir [1, 15, 19]. Teleskoptan gelen ışınımı etalonlar arasına 2°.09 açıyla odaklamak amacıyla, teleskop ile tayföçer arasına "etalon öncesi optik" olarak adlandırılan optik sistem yapılmıştır. Bunun için iki adet farklı mercek ve bir tane düz optik ayna kullanılmıştır. Merceklerden biri ($f_{L1}=430$

cm, $d=25$ cm) coudé çıkışına ve ikincisi ($f_{L2}=50$ cm, $d=10$ cm) tayföçerin hemen üzerine yerleştirilmiştir. Böylece etalonlara 4 açı dakikası ile gelen ışık etalonlar arasına 2.09° ile odaklanmıştır. Ayna ise teleskoptan gelen ışığı etalonlar üzerine yönlendirmek amacıyla etalonların üzerine yerleştirilmiştir [1].

DEFPOS tayföçeri üst üste yerleştirilmiş 4 odacıktan oluşmaktadır. Yukarıdan aşağı doğru sırasıyla dar bantlı H α filtresi, Fabry-Perot etalonları ve "etalon sonrası optik" olarak aynı özelliklere sahip iki adet mercekler ($f_{eff} = f_{L3}=17$ cm) kullanılmıştır. H α filtresi parazitli ışığı engellemek ve sadece H α tayfına yakın dalgaboylarını geçirecek şekilde tasarlanmıştır. Filtrenin geçirgenliği H α 'da yaklaşık % 85 olup yarı genişliği (Full Width Half Maximum FWHM) 15 Å'dır. İkinci ve üçüncü odacıklarda sırasıyla düşük (100 μ m) ve yüksek (200 μ m) çözünürlüklü 75 mm çaplı etalon çiftleri bulunmaktadır. Etalonların birer yüzeyleri cam ve diğer yüzü H α 'da \sim % 92 yansıtıcılığa sahip $\lambda/200$ mertebesinde düz, dielektrik madde ile kaplı, yarı geçirgen yansıtıcı yüzeye sahip cam plakadan oluşmaktadır. Etalonların bulunduğu odacıklar, birer cam pencere ile birbirlerinden ayrılmışlardır.

Çift etalon sistemi daha geniş kullanılabilir bir tayfsal aralık oluşmasını ve tayfin kanatlarının daha keskin olmasını sağlamaktadır [14, 20, 21, 22]. Etalon sonrası kullanılan optik, etalonlar arasında oluşan Fabry-Perot girişim saçacağını (halka görüntüyü) aynı 2°.09 açıyla CCD (Charged Coupled Device) kamerasının çipleri üzerine odaklamak amacıyla kullanılmaktadır [1]. CCD kameraları çok kanallı olduklarından ve yüksek kuantum verimliliğine sahip olduklarından görüntüleme zamanını fotokatlandırıcıya göre 10 kat azaltmaktadır. DEFPOS sisteminde de 2086x2048 çözünürlükte CCD kamerası kullanılmaktadır. Kullanılan CCD kamerası 15×10^{-4} cm x 15×10^{-4} cm piksel boyutlu, Loral LICK 3 2kx2k, arkadan aydınlatmalı ve AR (Anti Reflection) kaplıdır. CCD sıvı azot (N $_2$) ile yaklaşık -110 °C' ye kadar soğutulmaktadır. Kuantum verimliliği H α ' da \sim %88'tir [23, 24].

2.2. Veri Analizi

Yıldızlararası ortamdan CCD ile alınan H α görüntüleri halka şeklindedir ve FITS (Flexible Image Transport System) formatında kaydedilmektedir. CCD'ler elektronik alet olduğundan gökyüzü ölçümleri yapılırken aynı zamanda CCD'nin sıcaklığından kaynaklanan görüntülerde alınmaktadır. Yüksek enerjili kozmik ışınlar da CCD piksellerinin

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(2): 179-189 (2010)

bazılarının üzerine düşerler ve bu piksellerin parlaklığını arttırırlar. Ayrıca, tayföçer optiğinden ve CCD'nin kuantum etkinliğinden (QE) dolayı CCD piksellerdeki parlaklık şiddeti her yerde aynı değildir. Vignetting olarak adlandırılan bu etkilerin düz alan görüntüleriyle (flat fielding) düzeltilmektedir. Böylece CCD "Ön İndirgeme İşlemi" olarak adlandırılan bir yöntemle bu etkilerin veri analizleri yapılmadan önce CCD görüntülerinden temizlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, gözlemlerden önce ve sonra bilimsel karanlık alan (dark field) ve ortalama piksel derinliği kadar düz alan (flat field) görüntüleri düzenli olarak alınmakta ve standart CCD ön indirgemesi yapılmaktadır [23].

CCD indirgemesi yapılan görüntülerin tayfa dönüştürülmesi için halka toplama tekniği olarak adlandırılan bir teknik kullanılmaktadır. Halka toplama tekniği, eşit alanlı halkaların eşit dalgaboyu aralıklarına karşılık gelmesi prensibine dayanmaktadır. Halka toplama tekniği Fabry-Perot tayföçerinin ardışık girişim saçakları oluşturan $m\lambda = 2n_g l \cos\theta$ eşitliğine dayanmaktadır. Burada, $m=0,1,2,\dots$, Fabry-Perot girişim saçaklarının sıra numarası; n_g etalonların arasındaki gazın kırılma indisi; l , etalonlar arasındaki ayırıcıların kalınlığı ve θ , etalonlardan geçen ışımın etalon yüzeylerinin normali ile yaptığı açıdır. Halka toplama tekniği uygulanarak her görüntüsü tek boyutlu tayflara dönüştürülmektedir [1, 24, 25]. Tayflar ölçülen kaynağın hızı, sıcaklığı gibi kinematik özellikleri hakkında bilgi verdiğinden tayfların iyi analiz edilmesi ve parlaklık kalibrasyonlarının iyi yapılması gerekmektedir.

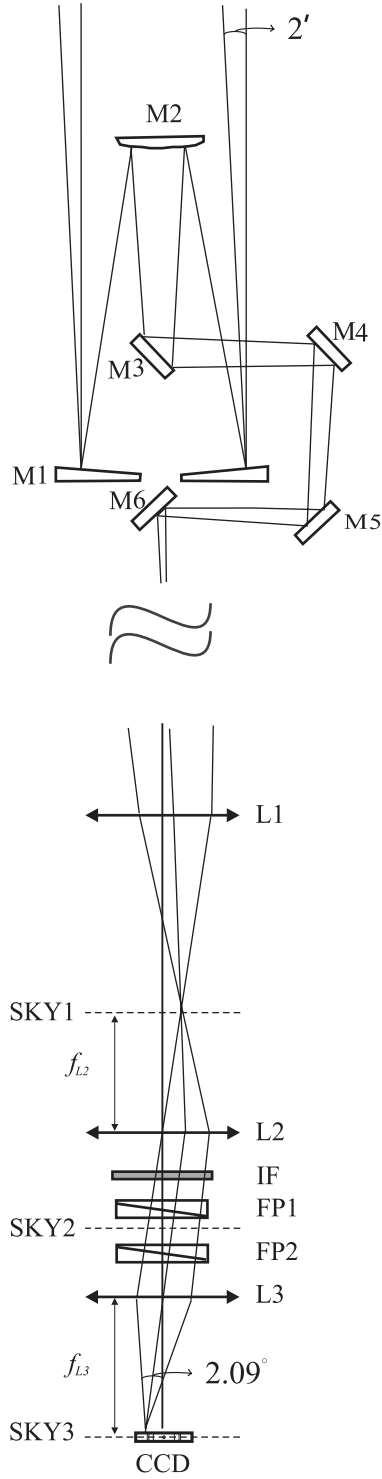
Astronomide parlaklık ayarlaması verilerin güvenilirliği ve diğer çalışmaları karşılaştırılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Parlaklık kalibrasyonu için parlaklık değeri uzun süre değişmeyen kaynaklar kullanılması tercih edilmektedir. Gezegensimsi bulutsular dünya atmosferi dışında olduklarından ve Fabry Perotların görüş alanlarını (FOV) doldurduklarından Fabry-Perotların kalibrasyonları için oldukça uygundur [15, 21, 26]. En iyi örnek Cygnus bölgesinde bulunan, 1.6 milyon ışık yılı uzaklıktaki oldukça geniş (120 açı dakikası) olan NGC 7000 bulutsusu (North American Nebula NAN) emisyon bulutsusudur. NGC7000 WHAM [12] ve Wisconsin Pine Bluff Gözlemevi [20, 21] tayföçeri için kullanılmaktadır. DEFPOS' un parlaklık ayarlaması için de NGC 7000 bulutsusu seçilmiştir. Tayföçerin hassas parlaklık kalibrasyonu için NGC 7000 merkez bölgesinden 9 farklı bölgeden farklı pozlarda tayflar alınmıştır. DEFPOS' un parlaklık

ayarlaması için NGC7000 nebulası için yapılan önceki parkalık kalibrasyonları kullanılarak yapılmış [26, 27, 28] ve 1200 s poz süresi için 1 ADU km/s parlaklık biriminin 2337.4 R karşılık geldiği bulunmuştur (ADU Analog to Digital Units). DEFPOS' un hassas parlaklık ayarlamasında % 15 belirsizlik ve % 9 da rastgele fotonlardan kaynaklanan belirsizlik bulunmaktadır. Daha fazla gözlem zamanı ile oluşan hatalar azaltılacaktır [1, 29].

Gözlemlerde elde edilen verilerden incelenen kaynak ile ilgili hız bilgisinin çıkarılabilmesi için $H\alpha$ tayfnın dalgaboyu ayarlaması yapılması gerekmektedir. DEFPOS verilerinin dalgaboyu ayarlaması için hidrojen (H) ve Hidrojen-Döteryum (H-D) lambası kullanılmıştır. Hidrojenin Balmer- α çizgisi ile Döteryumun Balmer- α çizgisi arasında 82 km/s (1.78 Å) fark bulunmaktadır [19, 21]. DEFPOS' un teorik çözünürlüğü 4 km/s' dir. H ve H-D lambası kullanılarak her tayfsal element (çözünürlük elemanı) 4.16 km/s olarak belirlenmiştir. Bu iki değer bir birlerine oldukça yakın olduğu için DEFPOS' un tayfsal çözünürlüğü olarak teorik çözünürlük olan 4 km/s değeri kullanılmıştır. CDD görüntülerinden elde edilen tayflar her biri 4 km/s hız aralığında olmak üzere toplam 50 tane tayfsal elementten oluşmakta ve 200 km/s (4.4 Å) hız aralığındaki tüm tayfları içermektedir [29].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yıldızlararası ortamdaki sıcak (10^4 K), düşük yoğunluklu (0.1 cm^{-3}) ve yaklaşık tamamı iyonlaşmış hidrojen bölgelerini incelemek amacıyla, DEFPOS adı verilen 75 mm çaplı, çift etalonlu bir tayföçer yapılmış ve TUG'da bulunan 150 cm çapındaki RTT150 teleskopunun coudé odasına yerleştirilmiştir. 30 km/s (0.65 Å) hız çözünürlüğüne ve 11000 ayırma gücüne sahip olan DEFPOS tayföçerin test çalışmaları tamamlandıktan sonra 2007 tarihinden itibaren gökadamızın değişik ortamlarından $H\alpha$ gözlemleri yapılmaya başlanmıştır [1]. Alınan CCD görüntüleri halka toplama tekniği kullanılarak bir boyutlu tayflara dönüştürülmüştür. Tayföçerin parlaklık kalibrasyonu için NGC 7000 gezegensimsi bulutsusu kullanılmış ve 1200 poz süresi için 1 ADU km/s =2337.4 R olarak hesaplanmıştır. Dalga boyu kalibrasyonu için de H ve H-D lambası kullanılmıştır. Elde edilen tayflar her 4 km/s hız aralığında toplam 50 tane tayfsal elementten oluşmakta ve 200 km/s (4.4 Å) hız aralığındaki tüm tayfları içermektedir [29].

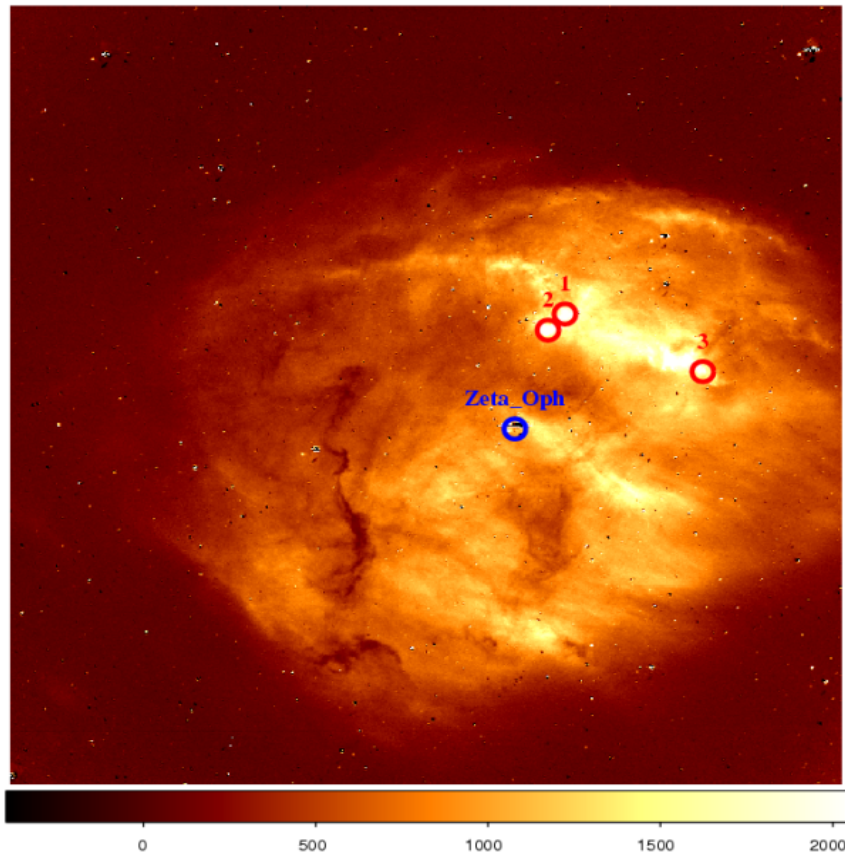


Şekil 1. DEFPOS tayföçerinin ölçeklendirilmemiş basit optik çizimi.

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(2): 179-189 (2010)

Tayföçer ile gökyüzünün iyonize olmuş HII bölgelerinden test çalışmaları yapılırken 23 Mayıs 2007 tarihinde Sh2-27 (ζ Oph) HII bölgesinin 3 farklı bölgesinden değişik poz sürelerinde (60 sn ile 300 sn) yaklaşık 10 tane $H\alpha$ tayfları alınmıştır. Oph HII Bölgesinin içerisinde 3 farklı nokta Şekil 2’de verilen SHASSA $H\alpha$ haritası [19] üzerinde kırmızı halkalar olarak işaretlenmiştir. SHASSA $H\alpha$ haritası, geniş açılı dijital bir kamera kullanılarak Samanyolu Gökadamızın sıcak iyonize olmuş ortamların $H\alpha$

bandında elde edilmiş bir haritadır. Teleskop gökyüzüne 4 açı dakikalık görüş açısı ile baktığından ve tayföçerin çözünürlüğü düşük olduğundan [1] ζ Oph HII bölgesinin parlak olduğu bölgeler seçilmiştir. Seçilen 3 bölge Tablo 1’de ekvatorial koordinatları verildiği gibi bir birine oldukça yakın bölgelerdir. Seçilen bu bölgeler Şekil 2’de görüldüğü gibi akıntı olan bölgenin uçlarına karşılık gelmektedir. Şekil 2’de ζ Oph yıldızının yeri mavi halka olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. SHASSA (The Southern H-alpha Sky Survey Atlas) $H\alpha$ haritası. Harita yaklaşık 10° olan ζ Oph yıldızı (mavi halka) ve çevresindeki HII bölgesini göstermektedir. DEFPOS ile harita üzerinde kırmızı renkli halkalar ile gösterilen ζ Oph ’nın 3 farklı bölgesinden 4 açı dakikasında tayflar alınmıştır. $H\alpha$ haritasının altında bulunan renk indeksi desi-Rayleigh biriminde verilmiştir.

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(2): 179-189 (2010)

Şekil 2’de verilen Sh2-27 HII görüntüsü üzerinde kırmızı halkalar ile işaretlenen 3 bölgeden 300 sn poz süresinde alınan CCD görüntülerin halka toplama tekniği kullanılarak tayflara dönüştürülmüştür (Şekil 2). Şekil 3-a, 3-b ve 3-c ‘deki tayflar sırasıyla Şekil 2’de gösterilen 1, 2 ve 3 no’lu bölgelerden alınan tayfları göstermektedir. Tayflar yukarıda belirtildiği gibi her biri 4 km/s hız skalasında 50 tayfsal elementten (+ sembolü) oluşmaktadır. Böylece tayflar 200 km/s hız aralığında galaktik H α ışınımının tamamı taranabilmektedir. Tayflar yaklaşık Gauss eğrisine benzediğinden tayflar hakkında fiziksel bir bilgi elde edebilmek için her tayfa en uygun gauss eğrileri uydurulmuştur (noktalı çizgilere) [1, 25]. Yatay eksenler LSR (Local standart of Rest Durgun Yerel Standart) hızları, dikey eksen ise tayfın şiddetini göstermektedir.

Gauss eğrisinin tepe noktasının yatay eksen üzerindeki yeri, tayfın LSR göre hızını ve tayfın içinde kalan alan tayfın parlaklığını vermektedir. Şekil 3’deki tayflarda dikine çizgiler ise gözlemlerin yapıldığı zamana ve ölçülen koordinata göre değişen LSR hızının yerini göstermektedir. HII bölgesinden alınan tayflara uydurulan gauss eğrilerinin uygunluğunu görmek için tayfların tamamının altına artık (residual) grafikleri çizilmiştir [1, 20]. Tayföçerinin çözünürlüğü düşük olduğundan gökyüzünden alınan sinyallerin seviyesi oldukça düşüktür. Bu nedenle alınan sinyal ile CCD gürültüleri bir birine karışmaktadır. Dolayısıyla Şekil 3’de verilen tayfların kanatlarında gürültü düzeylerinin fazlalığı net olarak görülmektedir. Eğer buralarda bir yapı varsa bunların algılanması oldukça zordur.

Sh2-27 HII bölgesinin alınan tayflar hakkında detaylı bilgi Tablo 1’de verilmiştir. İkinci ve üçüncü kolonlarda Şekil 2’de işaretlenmiş bölgelerin koordinatları, diğer kolonlarda bu bölgelerden alınan tayfların özellikleri verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde tayfların parlaklık değerleri 86 R ile 92 R aralığında, yarı genişlikleri ortalama 23.44 km/s ile 24.4 km/s aralığında değiştiği görülmektedir. Aynı şekilde LSR hızları da 1 km/s ile 2 km/s aralığında değişmekte ve dolayısıyla gökada içerisinde Sh2-27 (ç Oph) HII bölgesinin bizimle aynı hızda hareket ettiği söylenebilir. Tayföçer ile elde edilen bu ilk değerler Sh2-27 HII bölgesi için yapılan önceki çalışmalar ile karşılaştırılmış ve tayföçerinin hassasiyeti test edilmiştir. Bunlardan bazıları Şekil 3’te verilmiştir.

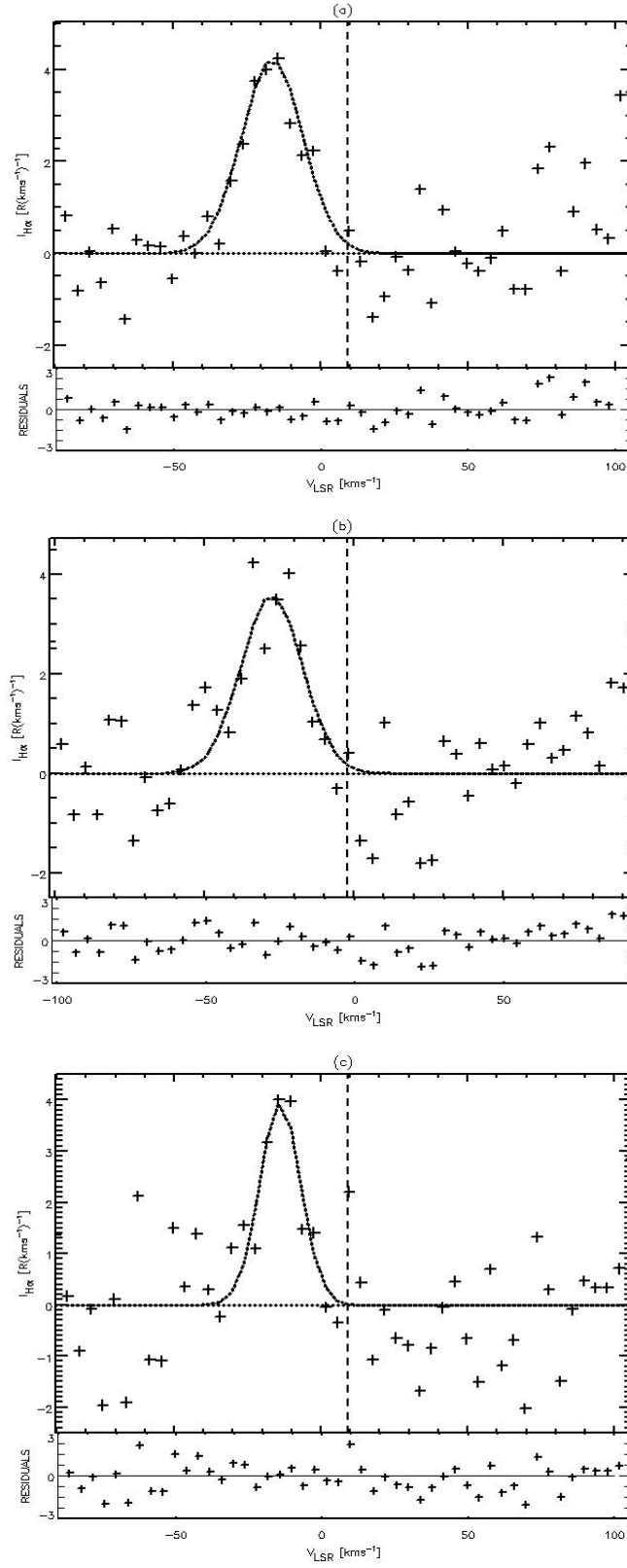
Sonuçlar, 1°’lik WHAM verileri ile karşılaştırıldığında parlaklık değişimi 85 R ile 130 R arasında olduğu, yarı genişliklerin ortalama 28 R olduğu ve LSR’a göre hız değişiminin -1 km/s ile 3 km/s aralığında olduğu görülmüştür*.

Reynolds ve Ogden [30] 49’lık görüş alanlı, 12 km/s hız çözünürlüklü Fabry Perot tayföçeri ile ç Oph yıldız doğrultusunda yaptıkları H α ölçümlerinde ç Oph yıldızının ve çevresindeki HII bölgesinin yaklaşık 0.7±0.5 km/s radyal hızı (-13.2±0.5 km/s heliocentric hız) sahip olduğu ve HII bölgesinin değişik bölgelerinden alınan tayfların yarı genişlikleri 21 km/s ile 24 km/s aralığında ve parlaklık değerlerini de 30 R ile 100 R aralığında ölçülmüştür. Draine [31] HII bölgesinin merkezindeki ç Oph yıldızının LSR’a göre hızını 3.3 km/s (heliocentric hızı -10.7 km/s) olarak ölçülmüştür. Hippelin [32] Fabry-Perot tayföçeri kullanarak HII bölgesinin 21 farklı bölgesinden H α

ölçümleri yapmış ve daha sonra bulduğu sonuçları radyo dalga boyunda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırarak, HII bölgesinin diğer çalışmalarla karşılaştırması yapılmış ve ortalama 3.8 km/s LSR hızı (heliocentric hız -10.1 km/s) sahip olduğunu bulmuştur. Hausen ve arkadaşları [33] 1°’lik WHAM verilerini kullanarak S 27 HII bölgesi ile birlikte dört tane HII bölgesinin [OI]/H α oranlarını karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada parlaklığı 77±2 R, ortalama LSR hızını 2±1 km/s ve yarı genişliği 21±1 km/s olarak hesaplamışlardır.

HII bölgesinden elde edilen tayfın hızı Lesh (1968) [34] tarafından heliocentric hız -10.7 km/s olarak, Hoffleit (1982) [35] tarafından LSR hızı 3.3 km/s, Mortan (1978) [36] tarafından H α , HD, CO, CH, OH soğurma çizgileri kullanılarak -0.4 km/s olarak, Stoceks (1973) [37] tarafından Ti kullanılarak heliocentric hızı -14.0 km/s olarak ölçülmüştür. Ayrıca, diğer çalışmalarda HII bölgesinin hızı Na I, K I, Ca II soğurma çizgileri kullanılarak 0.6±0.3 km/s [38], CO’de -3.0±1.5 km/s [39] ve -2.7 km/s [16] olarak bulunmuştur.

* <http://www.astro.wisc.edu/wham/survey/survey.html>

Şekil 3. Sh2-27 HII bölgesinin 3 farklı bölgesinden alınmış H α tayfları.

Tablo 1. Sh2-27 HII bölgesinin 3 farklı bölgesinden alınan H α tayflarının özellikleri.

Bölge	α_{2000} (sads)	δ_{2000} ($^{\circ}$)	Parlaklık (R)	FWHM (km/s)	VLSR (km/s)
1	163407.3	-084720.4	89.53 \pm 18.4	24.42 \pm 2.5	1.07 \pm 2.5
2	163512.6	-090223.3	91.82 \pm 16.0	24.08 \pm 2.1	1.52 \pm 2.0
3	162549.9	-094845.5	86.03 \pm 21.2	23.44 \pm 2.8	2.77 \pm 2.8

DEFPOS sonuçları özellikle yukarıda belirtilen referans değerler ile karşılaştırıldığında tayfların özellikle hız ve yarı genişlik değerlerinin uyumlu olduğu görülmüştür. Bu nedenle, DEFPOS tayföçleri kullanılarak yıldızlararası ortamdaki sıcak iyonize olmuş hidrojen bölgeleri (HII bölgeleri) ve Gezegenimsi Bulutsuların hız çalışmaları hassas olarak yapılabileceği görülmektedir. Parlaklık değerlerinin farklı çıkmasının nedeni ise her bir çalışmada farklı görüş alanlarına sahip olan tayföçler kullanılmıştır. Tayföçer yıldızlararası ortamda bulunan kaynaklardan gelen H α ışınım çizgisini 3 km/s hız hatası 4 km/s yarı genişlik hatası ve ortalama % 20 parlaklık hatası ile inceleyebilmektedir [14].

4. SONUÇLAR

Fabry-Perot tayföçerleri yıldızlararası ortamın düşük yoğunluklu, zayıf hidrojen bölgelerinin incelenmesinde oldukça kullanışli aletler olduğundan, bu bölgeleri düşük açısal çözünürlükle incelemek amacıyla TUG 'da bulunan RTT150 teleskopunun coudé çıkışında kullanılmak üzere incelemek amacıyla, DEFPOS adı verilen bir tayföçer yapılmış ve 2007 tarihinden itibaren ilk ölçümlerine fiziği hakkında çok önemli bilgiler sağlanmaktadır. Çok daha fazla sayıda ve farklı dalgaboylarında Sh2-27 HII bölgesinin incelenmesi ile bu bölge hakkında daha ayrıntılı bilgilere ulaşılabilecektir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatürdeki değerler ile karşılaştırılmış ve sonuçların uygun olduğu görülmüştür. Şu anda, DEFPOS Türkiye'de yapılan ve astrofizikte kullanılan tek tayföçer olma özelliğini taşımakta ve bu tayföçer ile önemli çalışmalar yapılmaktadır.

başlamıştır. Bu çalışmada aynı zamanda DEFPOS tayföçerinin genel özelliklerinden bahsedilmiştir.

DEFPOS ile Sh2-27 HII bölgesi gibi pek çok bölgeden 4 aç dakikalık H α ölçümleri yapılarak bu bölgelerin yapısı ve kinematiği hakkında detaylı bilgi edinilmesi amaçlanmaktadır. h2-27 HII bölgesinin alınan tayflar elde edilen parlaklık değerleri 86 R ile 92 R, yarı genişliklerinin 23.44 km/s ile 24.4 km/s ve LSR hızları da 1 km/s ile 2 km/s aralığında ölçülmüştür. Bu bölgenin LSR hızları, gökada içinde bizimle aynı hızda hareket ettiğini göstermektedir. Elde edilen parlaklık değeri Sh2-27 HII bölgesinin yıldızlararası ortamdaki yayılı HII bölgelerinden daha çok elektron yoğunluğuna sahip olduğunu söylemektedir. Net olmamakla birlikte incelenen tayfların yarı genlik değerleri bu bölgenin sıcaklığının 8000 K den az olduğunu göstermektedir.

Gökada dinamiği çalışmaları için HII bölgelerinin hızları, HII bölgelerinin elektron yoğunluğu için parlaklık değeri ve tek başına olmamakla birlikte H α salma çizgisinin yarı genişlik değerleri o bölgenin sıcaklığını vermesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmadaki veriler literatürdeki değerler ile birlikte kullanıldığında gökada dinamiği ve

TEŞEKKÜR

TUBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bizlerin çalışmasını her aşamasında destekleyen TUG' un yönetimine ve tüm TUG çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız. Bu proje, TÜBİTAK AR-GE Kariyer Geliştirme Programı tarafından 104T252 proje numarası ile desteklenmiştir. Bu araştırmada WHAM haritası, SIMBAD veritabanı, The Southern H-Alpha Sky Survey Atlas (SHASSA),ve VTSS' nin Yıldızlararası H α görüntüleri kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Şahan M., Yeğingil İ., Aksaker N., H α Measurements Using DEFPOS/RTT150 Telescope Instrumentation and Observations, *Research in Astronomy And Astrophysics*, 9, 2, 237, 2009.
2. Bland-Hawthorn J., Reynolds R.J., Gas In Galaxies, *Encyclopedia of astronomy and astrophysics*, MacMilan and Institute of Physics Publishing, 2000.
3. Ferriere K. M., The Interstellar Environment of our Galaxy, *Review of . Modern Physics*, 73, 1031 (2001).
4. Reynolds R. J., Optical Emission Line Studies And The Warm Ionized Component Of The Local Interstellar Medium, *International Colloquium On The Local Interstellar Medium*, 1984.
5. Madsen G. J., Reynolds R. J., Haffner, L. M., A Multi wavelength Optical Emission Line Survey of Warm Ionized Gas in the Galaxy, *The Astrophysical Journal*, 652, 401, 2006.
6. Reynolds R. J., Ionizing the Galaxy, *Science*, 277, 1997.
7. Reynolds R. J., Haffner L.M., Madsen, G.J., Tree-Dimensional Studies of the Warm Ionized Medium in The Milky Way Using WHAM. Galaxies The Third Dimension, ASP Conference Proceedings, Vol. 282. Edited by Margarita Rosado, Luc Binette, and Lorena Arias, San Francisco Astronomical Society of the Pacific, 31, (2002).
8. Reynolds R. J., The Radiative Ionization of The Interstellar Medium, *The Warm Ionized Gas. ASP Conference Series*, 35, 1993.
9. Sharpless S., Osterbrock D, The Nearest H II Regions, *Astrophysical Journal*, 115, 89, 1952.
10. Reynolds R.J., Roesler F.L., Scherb F., Harlander J., Fabry-Perot/CCD Multi Channel Spectrometer For The Study Of Warm Ionized Interstellar Gas And Extragalactic Clouds. SPIE, *The International Society for Optical Engineering. Instrumentation In Astronomy*, VII, 1235, 610, 1990.
11. Morgan W. W., Code A. D., Whitford A. E., Studies in Galactic Structure. II. Luminosity Classification for 1270 Blue Giant Stars, *Astrophysical Journal Supplement*, 2, 41, 1955.
12. Sivan J. P., A new Look At The Interstellar Hydrogen Through A Very-Wide-Field Photographic Halpha Survey Of The Whole Milky Way, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 16, 163, 1974.
13. Celnik W. E., Weiland, H., H-alpha-Observations Of The H II-region (S27) Around Zeta Ophiuchi”, *Astronomy and Astrophysics*, 192, 1-2, 316, 1988.
14. Roesler F. L., “Fabry-Perot Instruments For Astronomy, *Methods of Experimental Physics*”, Academic Press. Inc. Part 12, 1974.
15. Haffner L. M., Reynolds R. J., Tufte S. L., Madsen G. J., Jaehnig K. P., Percival J. W., The Wisconsin H-Alpha Mapper Northern Sky Survey, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 149, 2, 405, (2003).
16. Fich M., Treffers R. R., Dahl G. P., Fabry-Perot H-alpha observations of Galactic H II regions, *Astronomical Journal*, 99, 622, 1990.
17. Dennison B., Simonetti J.H., Topasna G.A. An Imaging Survey of Northern Galactic H-alpha, *Emmission With Arcminute Resolution. PASA* 15(1), 147, 1998.
18. Gaustad J. E., McCullough P. R., Rosing, W., ve Van Buren, D., A Robotic Wide-Angle H α Survey of the Southern Sky , *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific (PASP)*, 113, 1326, 2001.
19. Tufte S. L., The WHAM Spectrometer Design, Performance Characteristics, and First Results, PhD. Thesis, University Of Wisconsin, Madison, 1997.
20. Nossal S.M., Roesler F.L., Reynolds R.J., Haffner, M., Tufte, S., Bishop, J., Percival J. Geocoronal H α intensity measurements using the Wisconsin H α mapper Fabry-Perot facility, *Journal of Geophys Research*, 106, 5605, 2001.
21. Mierkiewicz E.J., Roesler F.L., Nossal S.M., Reynolds R.J. Geocoronal hydrogen studies using Fabry-Perot interferometers, Part 1 Instrumentation, observations, and analysis, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 68, 1520, 2006.
22. Şahan M., Aksaker N., Yeğingil İ., Observation of The Geocoronal Balmer Alpha With DEFPOS. *Terrestrial. Atmos. Ocean, Science*. 18, 1, 2007.
23. Şahan M., DEFPOS Tasarımı, Özellikleri Ve İlk Sonuçlar, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2004.
24. Şahan M., Yeğingil İ., Kızıloğlu Ü., Aksaker N., Akyılmaz M., DEFPOS and Its First Results *Chin. J. Astronomy And Astrophys. (ChJAA)*, 5, 2, 211, 2005.
25. Coakley M. M., Roesler F.L., Reynolds R. J., Nossal, S., Fabry-Perot CCD Annular Summing Spectroscopy Study And Implementation For Astronomy Applications, *Applied Optics*, 35, 33, (1996).
26. Scherb F., Hydrogen Production Rates From

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(2): 179-189 (2010)

- Ground-Based Fabry-Perot Observations Of Comet Kohoutec, *The Astrophysical Journal*, 243, 644, 1981.
27. Morgenthaler J. P., Harris W. M., Scherb F., Oliverson R. J., Doane N. E., Combi M. R., Marconi M. L., Smyth W. H., Large-Aperture O [I] 6300 Å Photometry of Comet Hale-Bopp Implications for the Photochemistry of OH, *The Astrophysical Journal*, 563, 451, 2001.
 28. Ishida, K., Kawajiri N., Absolute Isophotometry of Galactic HII Regions in H α Light, *PASJ*, 20, 95, 1968.
 29. Aksaker, Yeğingil İ., Şahan M., Intensity Calibration of DEFPOS Data, *Experimental Astronomy*, 24, 127, 2009.
 30. Reynolds R. J.; Ogden P. M., H II Regions Surrounding High Galactic Latitude O stars, *Astronomical Journal*, 87, 306, 1982.
 31. Draine, B. T., Magnetohydrodynamic Shocks In Diffuse Clouds, III - The line of sight toward Zeta Ophiuchi, *Astrophysical Journal*, Part 1, 310, 1, 408, 1986.
 32. Hippelein, H. H., Fabry-Perot Interferometric Studies on H II Regions, *Astronomy and Astrophysics*, 25, 59, 1973.
 33. Hausen, N. R., Reynolds R. J., Haffner L. M., Measurements of [O I] λ 6300/H α Line Intensity Ratios for Four O Star H II Regions, *The Astronomical Journal*, 124, 6, 3336, 2002.
 34. Lesh J. R., The Kinematics of the Gould Belt an Expanding Group? *Astrophysical Journal Supplement*, 17, 371, 1968.
 35. Hoffleit D., Jaschek C., *The Bright Star Catalogue*, New Haven Yale University Observatory (4th edition), 1982.
 36. Morton D. C., Interstellar absorption lines in the spectrum of zeta Ophiuchi, *Astrophysical Journal*, 197, 85-115, 1975.
 37. Stokes G. M., Interstellar titanium, *Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 36, 115-141, 1978.
 38. Hobbs L. M., Interstellar Na I, K I, Ca II, and CH⁺ Line Profiles Toward Zeta Ophiuchi, *Astrophysical Journal* 180, L79, 1973.
 39. Blitz L., Fich M.; Stark A. A., *Catalog Of Co Radial Velocities Toward Galactic H II Regions*, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 49, 183-206, 1982.