

Deneb'in Tayf Atlası

Berahitdin Albayrak¹, Austin F. Gulliver², Saul J. Adelman³, Cemal Aydın¹ ve Dursun Koçer⁴

¹Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan, Ankara
albayrak@astro1.science.ankara.edu.tr

²Brandon Üniversitesi, Fizik ve Astronomi Bölümü, Brandon, MB, R7A 6A9, Kanada

³The Citadel, Fizik Bölümü, 171 Moultrie Street, Charleston, SC 29409, USA

⁴İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 34510, Şirinevler, İstanbul

Özet: Bu çalışmada, A2 tayf türünden bir süperdev olan Deneb'in, DAO'da CCD ve Reticon dedektörler kullanılarak 1.22 m'lik teleskop ile alınmış tayflarından oluşturulan bir atlas sunuldu. Kullanılan verinin dalgaboyu aralığı 3826-5212 Å, dispersiyonu 2.4 Åmm⁻¹ ve resolasyonu 0.072 Å'dır. Süreklilikte ortalama sinyal-gürültü oranı (S/N) 1030'dır. Tayfta varlığı belirlenebilen her bir çizginin laboratuvar dalgaboyu, eşdeğer genişliği ve hangi elemente ait olduğu verilmektedir. Bu atlas, benzer tayf türünden diğer yıldızların tayfsal çalışmaları için oldukça kullanışlı bir kaynaktır. Atlas, gözlenen ve üretilen tayf ve çizgi tanımlaması birlikte olmak üzere <http://www.brandonu.ca/physics/gulliver/atlasses.html> adresinden online olarak kullanılabilir veya B. Albayrak'tan temin edilebilir.

Anahtar kelimeler: tayfsal atlaslar – yıldızlar: erken tür – yıldızlar: Deneb – yıldızlar : süperdevler

Abstract: We present a spectroscopic atlas of Deneb (A2 Iae) obtained with the long camera of the 1.22-m telescope of the Dominion Astrophysical Observatory using Reticon and CCD detectors. For $\lambda\lambda 3826-5212$ the inverse dispersion is 2.4 Å mm⁻¹ with a resolution of 0.072 Å. At the continuum the mean signal-to-noise ratio is 1030. The wavelengths in the laboratory frame, the equivalent widths, and the identifications of the various spectral features are given. This atlas should provide useful guidance for studies of other stars with similar spectral types. The stellar and synthetic spectra with their corresponding line identifications can be examined at <http://www.brandonu.ca/physics/gulliver/atlasses.html> or requested to B. Albayrak.

Keywords: spectral atlases – stars: early type – stars : individual : Deneb – stars : supergiants

1. Giriş

Deneb (α Cygni, 50 Cygni, HR 7924, HD 197345, BD+44° 3541, GC, 28846, SAO 49941, ADS 14172, FK4 777, GCVR 12971, HIC 102098) görece olarak keskin çizgili ve kızarmamış erken A türü süperdevlerin bir temsilcisidir. Bu türden süperdevler Samanyolu gökadasının ve diğer siral gökadalardan en parlak yıldızlarıdır. Tayf türü A2 olup H α 'da sahip olduğu emisyon, tayf türüne eklenen "e" harfi ile temsil edilir.

Bu çalışmanın dayandırıldığı gözlemsel materyal Albayrak (1999, 2000) tarafından ayrıntılı olarak tanıtılmış ve de analiz edilmiştir.

2. Çizgi Tanısı

Yıldızlarda çizgi tanısı çalışmaları, tayf çizgilerinin dalgaboyları ile birlikte şiddetleri de göz önünde bulundurularak yapılır. Dalgaboyuna bağlı şiddetler

laboratuvar çalışmalarından belirlenir. Eğer, bir yıldızın tayfında kuvvetli çizgiler yok ise zayıf çizgilerin doğru olarak tanımlanması zorlaşır. Tayf çizgilerinin tanımlanmasına gürültü ve diğer çizgiler tarafından etkilenmemiş (blend olmayan) çizgilerle başlanır. Sonrasında izlenen geleneksel yöntem; gözlenen ve laboratuvar çizgi şiddet ve dalgaboylarının karşılaştırılması şeklindedir. Bir elementin her hangi bir multipletine ait uygun şiddette bir çizginin varlığı tayfta belirlendikten hemen sonra, aynı multipletin benzer eksitasyon potansiyeline ve laboratuvar şiddetine sahip diğer çizgilerinin varlığı araştırılır. Yıldız çizgi tanısı için kullanılan en genel kaynaklar "A Multiplet Table of Astrophysical Interest" (Moore 1945) ve "Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions, Part 1" (Reader ve Corliss 1980)'dir. Bu amaçla diğer güncel kaynaklar da kullanıldı.

Çizgi tanısı sonuçları, γ Gem (AO IV) (Adelman vd. 2000), σ Boo (F2 V), θ Cyg (F4 V), ι Psc (F7 V), 15 Vul (A4 III) ve 32 Aqr (A5m) (Adelman et al. 1997), 2 Lyn (A2 V), ω UMa (G5 IIIa) ve ϕ Aql

(A1 IV) (Çalışkan ve Adelman 1997) yıldızları için yayınlanmış benzer çalışmalarla karşılaştırıldı. Ayrıca, daha önce Buscombe (1951), Chadeau (1955), Huang ve Struve (1955), Groth (1961), Taffara (1966) ve Zverko (1971) tarafından Deneb için yapılmış çizgi tanısı çalışmaları da dikkate alındı. Ancak, Deneb'in hem keskin çizgili bir tayfa sahip olması hem de bu çalışmada kullanılan gözlemsel veriye ilişkin sinyal-gürültü oranının daha büyük olması, çizgi tanısının önceki çalışmalara göre daha doğru olarak yapılmasını olanaklı kıldı. Diğer bir önemli faktör ise elementlerin son tanı listelerinin kullanılmış olmasıdır. Buna rağmen zayıf ve ayrıca kuvvetli çizgilerin genişlemiş kanatlarındaki oluşumların tanımlanması büyük dikkat ve tecrübe gerektirir.

Daha önce Deneb'in çizgi tanısı $\lambda\lambda 3308 - 4666 \text{ \AA}$ bölgesi için Buscombe (1951), $\lambda\lambda 3997 - 6456 \text{ \AA}$ bölgesi için Chadeau (1955), $\lambda\lambda 3736 - 4541 \text{ \AA}$ bölgesi için Huang ve Struve (1955), $\lambda\lambda 3076 - 8728 \text{ \AA}$ bölgesi için Groth (1961), $\lambda\lambda 3783 - 4923 \text{ \AA}$ bölgesi için Taffara (1966) ve $\lambda\lambda 3693 - 4635 \text{ \AA}$ bölgesi için de Zverko (1971) tarafından yapılmış. Her ne kadar Groth (1961)'in çalışması diğerlerine göre daha ayrıntılı ise de atomik verinin eksikliğinden ve incelenen gözlemsel verinin kalitesinden dolayı optik bölgede tanımlanamamış çok sayıda çizgi vardır. Çizgi tanısı bakımından bizim bu çalışmamız ile diğerleri arasındaki en önemli fark, daha önce Deneb'in optik bölge tayfında belirlenememiş çok sayıda zayıf çizginin artık doğru bir şekilde tanımlanmış olmasıdır. Bu çalışmada tanımlanan toplam 980 tayf çizgisinden $515'$ 'nin eşdeğer genişliği 10 m\AA 'dan ve $329'$ 'nin da eşdeğer genişliği 6 m\AA 'dan daha küçüktür. Gerçekte yıldızın tayfında mevcut olan bu çizgiler diğer araştırmacıların yayınladıkları listelerde bulunmamaktadır. Ayrıca, azda olsa bazı kuvvetli çizgiler de önceki çalışmalarda farklı biçimde tanımlanmıştır. Daha da önemlisi Deneb'in tayfında aynı dalgaboyu bölgesinde Groth (1961), Taffara (1966) ve Zverko (1971) tarafından var olduğu ileri sürülen bazı elementlere ait atom ve iyonlar bu çalışmada belirlenemedi. Aynı dalgaboyu aralığı için diğer araştırmacıların gözlemsel verilerine kıyasla DAO gözlemlerine dayalı tanımlanmış çizgi sayısı çok daha fazladır. Bu çalışma ile yayınlanmış diğer çizgi tanıları arasındaki farklılıklar şu şekilde sıralanabilir:

1- Buscombe (1951), sadece iki Zr II ($\lambda\lambda 3391.96$ ve $\lambda\lambda 3438.23$) ve birer tane olmak üzere Y II ($\lambda\lambda 3600.74$) ve Co II ($\lambda\lambda 3501.73$) çizgilerini belirlemiş. Bu çizgiler bizim çalıştığımız dalgaboyu sınırları ($\lambda\lambda 3830-5212 \text{ \AA}$) dışındadır. Buscombe'nin incelediği gözlem verileri ($\lambda\lambda 3308 - 4666 \text{ \AA}$) ile bizim verilerimizin 836 \AA 'lık dalgaboyu bölgesi örtüşmektedir. Bu örtüşen dalgaboyu bölgesinde

biz, onbir tanesi blend olmak üzere yirmiyedi Zr II çizgisi, üç tanesi blend olmak üzere altı Y II çizgisi ve iki Co II çizgisi belirledik.

2- Huang ve Struve (1955) inceledikleri $\lambda\lambda 3736-4541 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığında V II iyonunun sadece $\lambda\lambda 3778.357$ çizgisini belirlediler. Bu çizgi bizim verilerimizin dalgaboyu sınırları dışındadır. Bizim verilerimiz, Huang ve Struve (1955)'nin analiz ettikleri tayfların 711 \AA 'lık bölgesini kapsamaktadır. Bu örtüşen dalgaboyu aralığında biz, onaltı tanesi blend olmak üzere toplam kırkdört V II çizgisi belirledik.

3- Chadeau (1955) tarafından belirlenen Al II $\lambda\lambda 4585.820$ çizgisi bu çalışmada incelenen tayflarda mevcut değildir. Chadeau'nın belirlediği Al II $\lambda\lambda 4307.20$ çizgisi, daha iyi bir alternatifi olacak olan ve Doworetsky (1971) tarafından verilen Cr II $\lambda\lambda 4306.93$ olarak tanımlandı. Ayrıca, Chadeau sadece bir C II çizgisi, $\lambda\lambda 4003.27$, tesbit etmişti. Ancak bu çizgi Moore (1945)'de yer almaz.

4- Deneb'in tayfında Ar I'nın $\lambda\lambda 4181.8838$ ve $\lambda\lambda 4333.5612$ (Taffara 1966, Zverko, 1971), $\lambda\lambda 4044.4182$ ve $\lambda\lambda 4596.0970$ (Taffara 1966) ve $\lambda\lambda 4200.6751$ (Zverko (1971) çizgilerinin bulunduğu ileri sürülmüştü. Ancak, bu çalışma göstermektedir ki $\lambda\lambda 4181.8833$ çizgisi Fe I'in $\lambda\lambda 4181.7547$ ve $\lambda\lambda 4181.938$ çizgileri tarafından meydana getirilmiştir. $\lambda\lambda 4333.5612$ çizgisi ise incelediğimiz tayflarda görülmemektedir. Diğer taraftan $\lambda\lambda 4044.4182$ ve $\lambda\lambda 4596.0370$ çizgilerini sırasıyla Fe I $\lambda\lambda 4044.6092$ ve Fe I $\lambda\lambda 4586.0605$ olarak tanımladı. $\lambda\lambda 4200.6571$ çizgisi ise daha iyi bir tanımlama olarak Si II $\lambda\lambda 4200.657.898$ çizgisi olabilir. Böylece, bu çalışmada incelenen dalgaboyu aralığında Ar I'in hiç bir gözlenmiş çizgisi belirlenemedi.

5- Cl II $\lambda\lambda 4291.76$, $\lambda\lambda 4307.42$, $\lambda\lambda 4336.26$ ve $\lambda\lambda 4343.62$ (Taffara 1966, Zverko 1971), $\lambda\lambda 4896.77$ ve $\lambda\lambda 4904.74$ (Taffara 1966), $\lambda\lambda 4224.92$ ve $\lambda\lambda 4497.30$ (Zverko 1971) çizgilerinin var olabileceği ileri sürülmüştü. Bunlardan $\lambda\lambda 4336.26$, $\lambda\lambda 4896.77$ ve $\lambda\lambda 4904.76$ çizgileri, bu çalışmada incelenen tayflarda mevcut değildir. $\lambda\lambda 4224.92$, $\lambda\lambda 4291.76$ ve $\lambda\lambda 4497.30$ çizgileri ise yanlış tanımlandı. Bu çalışmada, Cr II $\lambda\lambda 4306.93$ (Doworetsky 1971) ve Fe II $\lambda\lambda 4343.28$ (Doworetsky 1971) çizgileri $\lambda\lambda 4307.42$ ve $\lambda\lambda 4343.62$ çizgilerinin alternatifleri olarak belirlendi. Böylece, söz konusu dalgaboyu aralığında Cl II ye ait çizgilerin var olabileceği düşünülmemektedir. Bu iyonun daha çok multipllet 1 çizgilerinin ($\lambda\lambda 4794.54$, 4810.06 ve 4819.46) olması beklenir (Adelman 1988).

6- Pr II $\lambda\lambda 4487.821$ (Groth 1961 ve Taffara 1966), $\lambda\lambda 4118.353$ (Groth 1961 ve Zverko 1971), $\lambda\lambda 4206.7391$ (Groth 1961 ve Taffara 1966 ve Zverko 1991), $\lambda\lambda 4243.528$ ve $\lambda\lambda 4272.271$ (Zverko 1971)

çizgilerinin Deneb'in optik bölge tayfında var olabileceğini belirtilmiştir. Fakat, tayftaki bu çizgilerin Fe I $\lambda 4118.5450$, Fe I $\lambda 44206.6967$ ve Fe II $\lambda 4487.53$ (Doworetsky 1971) olarak tanımlanması daha gerçekçidir (Adelman 1988). Daha da önemlisi, Pr II $\lambda 4243.528$ ve $\lambda 4272.271$ olarak daha önceki araştırmacılar tarafından tanımlanan çizgiler incelediğimiz tayflarda tespit edilemedi. Böylece, bu çalışmada analiz edilen tayfsal verinin kapsadığı dalgaboyu bölgesi için bu yıldızın atmosferinde Pr II'nin varlığını gösterir açık bir belirteç yoktur.

7- Zverko (1971) Ce II $\lambda 3808.124$, $\lambda 3876.974$ ve $\lambda 4560.959$ çizgilerinin var olabileceğini belirtmiş. Bu çizgilerden ilki, dalgaboyu olarak bu çalışmada incelenen dalgaboyu sınırları dışında kalmaktadır. Diğer iki çizgi ise, analiz edilen verilerde onların dalgaboylarında veya yakınında çizgi olarak tanımlanabilecek tayfsal bir oluşum yoktur. Böylece, bu çalışmada Ce II'ye ait her hangi bir çizgi tanımlanamadı.

8- Zverko (1971) tarafından Si III $\lambda 4338.52$ olarak verilmiş çizgi gerçekte Ti II $\lambda 4337.876$ dır. Diğer taraftan Zverko'nun Gd II $\lambda 3997.764$ olarak tanımlanmış olduğu çizgi dalgaboyu olarak bu çalışmanın dışındadır. Yine, Zverko'nun varlığından şüphelendiği Hf II $\lambda 4570.70$ çizgisi tespit edilemedi. Böylece bu çalışmada, Si III, Gd II ve Hf II ait olabilecek her hangi bir çizgi tanımlanamadı.

9- Ayrıca, Zverko (1971) Fe III $\lambda 3980.14$ 'nin Deneb'in tayfında olabileceğini ileri sürmüştü. Bu dalgaboyunda oluşan bir çizgi belirlenemedi. Söz konusu iyonun ait $\lambda 4419.599$ çizgisinin var olabileceği tespit edildi. Genellikle demir elementinin bu iyonu için öncelikle $\lambda 4419.599$ ve $\lambda 4382.511$ çizgileri tanımlanabilir (Adelman 1988).

10- Sadece birer çizgi olarak S II $\lambda 7256.96$ ve Y II $\lambda 3710.30$ iyonları Groth (1961) tarafından bulunmuş. Her iki çizgi de dalgaboyu olarak bu çalışmanın dışında kalır. Groth (1961)'un incelediği gözlemsel veriler ($\lambda \lambda 3076-8728$ Å) dalgaboyu olarak bizim verilerimizi içerir. Biz bu çalışmada, yedi tanesi blend olmak üzere yirmidört S II çizgisi ve dört tanesi blend dokuz Y II çizgisi belirledik.

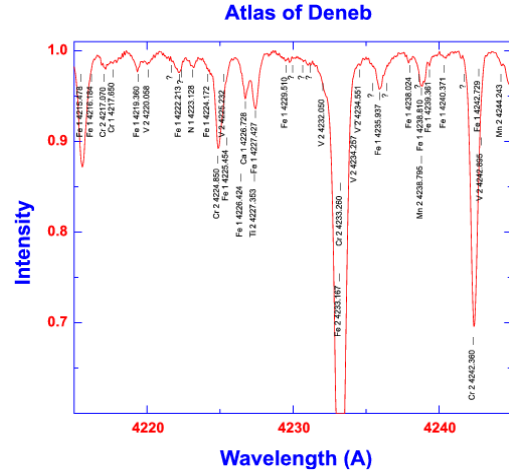
Sonuç olarak, C I, N II, Si I, Fe III, Ba II ve La II atom ve iyonlarına ait çizgilerinin Deneb'in tayfında bulunduğu ilk kez bu çalışmayla tespit edildi. Diğer taraftan Ar I (Taffara, Zverko 1971), Si III, Ce II, Gd II, ve Hf II (Zverko 1971), Pr II (Groth 1961, Taffara 1966 ve Zverko 1971) ve Cl II (Taffara 1966, Zverko 1971) atom ve iyonlarının varlığını gösterir bir kanıt bulunamadı. Co II'nin iki çizgisini bulduk. Bu element daha önce Buscombe (1951) ve Groth (1961) tarafından belirlenmiştir.

3. Atlas

Deneb için yapılmış tüm diğer çizgi tanımlarına ilişkin sonuçlar, gözlenen dalgaboyu, laboratuvar dalgaboyu, çizginin ait olduğu atomik tür, vb. biçimde ve sadece liste olarak verilmiş. Aynı olgu diğer yıldızlar için yapılmış benzer çalışmalarda da geçerlidir. Oysa bu çalışmada Deneb'in incelenen dalgaboyu aralığı tüm tanımlarla birlikte bir JAVA uygulaması olarak sunuldu. Böylece ulaştığımız sonuçlar, benzer tayf türünden bir yıldızın benzer bir çalışmasında görsel olarak kolay bir karşılaştırma yapma imkanı sunmaktadır. Ayrıca JAVA uygulaması Deneb için Albayrak (1999, 2000) tarafından üretilen sentetik tayfı da içermektedir.

Bir örnek olması bakımından 4245 Å bölgesine ilişkin çizgi tanısı Şekil 1'deki gibi oluşturuldu. Çizgi tanısı listesi (excel file olarak) ve hazırlanmış JAVA uygulamasına <http://www.brandonu.ca/physics/gulliver/atlasses.html> adresinden ulaşılabilir veya B. Albayrak'tan temin edilebilir.

Bu çalışma Türkiye Bilimler Akademisi (BA/TÜBA-GEBİP/2001-2-2) tarafından desteklenmiştir.



Şekil 1. Deneb'in atlasının 4245 Å bölgesi

4. Kaynaklar

- Adelman, S. J., 1988, "Some Comments on the Measurement of Spectrograms in Elemental Abundance analyses", eds. S.J. Adelman and T. Lanz, p.117, IAU Workshop on Abundance Analyses, Lausanne, Switzerland
- Adelman, S. J., Çalışkan, H., Koçer D. ve Bolcal, Ç., 1997, MNRAS, 288, 470
- Adelman, S.J., Gulliver, A.F., Loden, L.O., 2000, A&A, 353, 335
- Albayrak, B., 1999, Doktora Tezi, Ankara

B. Albayrak vd. : Deneb'in Tayf Atlası

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Albayrak, B., 2000, A&A, 364, 237
Buscombe, W., 1951, ApJ, 114, 73
Chadeau, C., 1955, Ann. Astrophys., 18, 100
Çalışkan, H. ve Adelman, S. J., 1997, MNRAS,
288, 501
Dworetsky, M. M. 1971, Ph.D. Thesis University of
California Los Angeles, Source: Dissertation
Abstracts International, Volume: 32-10, Section:
B, p: 5594
Groth, H. G., 1961, Astrophys., 51, 206
Huang, S.-S. ve Struve, O. 1955, ApJ, 121, 84

Moore, C. E., 1945, A Multiplet Table
Astrophysical Interest, Princeton University
Observatory
Reader, J. and Corliss, C. H., 1980. NSRDS-NBS
68, Part 1, US Government Printing
Office, Washington, DC.
Taffara, N. S., 1966, Mem. Soc.Astron. Ital.,
37, 401
Zverko, J., 1971, Bull. Astron. Inst. Czech., 22, 49