



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



Doktora Tezi

**HOLMİYUM ELEMENTİNİN GÖRÜNÜR BÖLGEDEKİ
SPEKTRAL ÇİZGİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE AŞIRI
İNCE YAPISININ İNCELENMESİ**

Berin ÖZDALGIÇ

Fizik Anabilim Dalı

Atom ve Molekül Fiziği Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Gönül BAŞAR**

Haziran 2019

İSTANBUL

Bu çalışma, 26.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı, Atom ve Molekül Fiziği Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Prof. Dr. Gönül BAŞAR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Prof. Dr. İpek KANAT ÖZTÜRK
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Gülay ACAR
İstanbul Teknik Üniversitesi
Fen – Edebiyat Fakültesi



Prof. Dr. Yasemin AKKAYA
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Prof. Dr. Kadir ESMER
Marmara Üniversitesi
Fen – Edebiyat Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 59048 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmam süresince, bilgisi ve ilgisiyle, teorik ve deneysel çalışmalarımda bana destek olan ve yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Gönül BAŞAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel ve teorik çalışmalarımda, bilgi ve tecrübeleriyle bana her zaman destek olan ve yol gösteren Berlin Teknoloji ve Ekonomi Yüksekokulu öğretim üyelerinden Prof. Dr. Sophie KRÖGER'e ve bilgisi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan İstanbul Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. İpek KANAT ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İ.T.Ü. öğretim üyelerinden Prof. Dr. Günay BAŞAR'a, İstanbul Üniversitesi öğretim üyelerinden, Prof. Dr. Kubilay BALCI'ya ve Doç. Dr. Feyza GÜZELÇİMEN'e teşekkür ederim.

Bu çalışmayı destekleyen İstanbul Üniversitesi'ne ve deneysel kısmını destekleyen Letonya Üniversitesi Laser Merkezi'ne teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca benden ilgisini, bilgisini, sevgisini esirgemeyen ve her türlü desteği ile hep yanımda hissettiğim aileme verdikleri emek için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019

Berin ÖZDALGIÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	5
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	20
3.1. ATOMUN YAPISI	20
3.1.1. Tek-Elektronlu Sistemler	22
3.1.2. Manyetik Etkileşimler	22
<i>Presesyon Hareketi</i>	23
<i>Spin-Yörünge Etkileşimi</i>	24
3.1.3. Çok Elektronlu Sistemler	26
3.1.4. Enerji Geçişleri	30
<i>Seçim Kuralları</i>	31
3.2. AŞIRI İNCE YAPI	31
3.2.1. Manyetik Dipol Moment	32
3.2.2. Elektrik Kuadropol Moment	35
3.2.3. Aşırı İnce Yapı Geçişleri ve Seçim Kuralı.....	36
3.3. ÇİZGİ GENİŞLEMELERİ	38
3.3.1. Doğal Çizgi Genişlemesi ve Lorentz Profili.....	39
3.3.2. Doppler Çizgi Genişlemesi ve Gauss Profili.....	41
3.3.3. Çarpışma ve Basınç Çizgi Genişlemesi	42
3.3.4. Saturasyon Çizgi Genişlemesi	42
3.3.5. Birleşik Çizgi Genişlemesi ve Voigt Profili	43
3.4. HOLMİYUM ELEMENTİ	43
<i>Holmiyumun Enerji Yapısı</i>	45

3.5. DENEYSEL YÖNTEM: FOURIER TRANSFORM SPEKTROSKOPİSİ (FTS)	45
3.5.1. Deney Sistemi	46
<i>Oyuk Katot Lamba-Hollow Cathode Lamp- (HCL)</i>	46
<i>Filtreler</i>	50
<i>Fourier Transform Spektrometre (FTS)</i>	50
<i>Dedektör</i>	58
3.6. SPEKTRUMUN ANALİZİ	59
3.6.1. “CLASS-LW” Bilgisayar Programı	60
<i>Spektral Çizgi Analizi</i>	62
<i>Tanımlanan Çizgilerin Kalibrasyonu</i>	72
3.6.2. “Fitter” Bilgisayar Programı	76
<i>Aşırı İnce Yapı Analizi</i>	78
4. BULGULAR	88
<i>Spektral Çizgilerin Tanımlanması</i>	88
<i>Aşırı İnce Yapı Sabitlerinin Belirlenmesi</i>	184
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	201
KAYNAKLAR	203
ÖZGEÇMİŞ	208

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1: Manyetik alan içinde açısal momentum vektörünün presesyonu ve manyetik moment.	24
Şekil 3.2: Yörünge hareketi ile ilişkili manyetik alan.	24
Şekil 3.3: L ve S vektörlerinin J etrafındaki presesyon hareketi.	28
Şekil 3.4: İki elektronlu bir atomun sırasıyla <i>LS</i> kuplajına ve <i>jj</i> kuplajına göre vektörel diyagramı [49].	29
Şekil 3.5: p-orbitalindeki iki elektronun enerji terimlerindeki yarılmalara.	30
Şekil 3.6: Elektronun spin ve yörünge hareketinin oluşturduğu nükleer manyetik alan [51].	33
Şekil 3.7: θ , I ve J arasındaki açı. F ise toplam açısal momentum vektörüdür[51].	34
Şekil 3.8: $31116.22 \text{ cm}^{-1} (J = 8.5) \rightarrow 15855.28 \text{ cm}^{-1} (J = 7.5)$ aşırı ince yapı geçişi ve sırasıyla geçişin gerçekleştiği $4f^{11}6s7s$ ve $4f^{11}6s6p$ konfigürasyonlarının aşırı ince yapı yarılmaları gösterilmiştir. Enerjideki yarılmalara ölçeklendirilmemiştir.	37
Şekil 3.9: $E_k \rightarrow E_i$ seviyeleri arasında geçişe ait çizgi profili, $\delta\nu$ yarı genişliğine bağlı olarak [52].	38
Şekil 3.10: (a) Titreşimin zamana bağlı sönümü. (b) $A(\omega)$ genlikleri ile orantılı olarak şiddetin frekans dağılımı Fourier dönüşümü ile Lorentz profiline uyar [52].	40
Şekil 3.11: Aynı yarı genişlikteki Gauss (G) ve Lorentz (L) profilleri.	43
Şekil 3.12: Ho elementinin periyodik tablodaki yeri [54].	44
Şekil 3.13: Ho elementinin şematik elektron konfigürasyonu. Enerji skalası ölçeklendirilmemiştir.	45
Şekil 3.14: Fourier transform spektroskopi temel diyagramı.	46
Şekil 3.15: Oyuk katot lamba şeması.	48
Şekil 3.16: FT spektrumunun çizgi tanımlamaları ile gösterilen temsili bir bölümü: düz mavi çizgi Ho-Ar plazmasını; kesikli kırmızı çizgi Ho-Ne plazmasını ifade etmektedir.	49
Şekil 3.17: Michelson interferometresi şeması.	51

Şekil 3.18: (a) Michelson İnterferometre içindeki iki dalganın faz farklarına bağlı şiddet değişimi. (b) MI’de ıraksık ışık tarafından oluşturulan girişim deseni.	53
Şekil 3.19: Girişim ışınları arasındaki optik yol farkının arttırılması.	55
Şekil 3.20: Eşit genlikli ve λ_1 ve λ_2 frekanslarına sahip iki dalganın düzgün hareket eden bir ayna içeren MI içerisindeki girişim sinyali.	56
Şekil 3.21: FT spektrumunda gözlenen sinyal.	57
Şekil 3.22: Bruker IFS 125HR Fourier transform spektrometre [55].	58
Şekil 3.23: Voltaj bölücü devrelerden oluşan PMT dedektör.	58
Şekil 3.24: Hamamatsu R928 PMT [57].	59
Şekil 3.25: “Level_HoI.dat” giriş dosyasından bir kesit.	61
Şekil 3.26: wHo.dat giriş dosyasından bir kesit.	62
Şekil 3.27: (a) $\lambda = 545.1729$ nm dalgaboyunda, CLASS-LW programı ile sınıflandırılan bir spektral geçiş. Ho-Ar (mavi) ve Ho-Ne (kırmızı) spektrumları, program tarafından aynı anda okunmaktadır. (b) $\lambda = 545.1729$ nm dalgaboyunda, programın “Simülasyon” penceresi. Teorik spektrum mavi renk ile ve deneysel spektrum kırmızı renk ile gösterilen çizilmiştir.	63
Şekil 3.28: $\lambda = 487.9750$ nm dalgaboyunda, <i>blend</i> olan bir Ar II ve bir Ho I çizgisinin CLASS-LW programı ile sınıflandırılması.	66
Şekil 3.29: Aşırı ince yapıları iyi ayrılmış, parmak deseni gösteren çizgilerin bulunduğu Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarından bir kesit.	67
Şekil 3.30: En sondaki çizginin, ancak Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarındaki “S/N” değerlerinin karşılaştırılması ile tanımlandığı <i>blend</i> olan üç çizgi.	68
Şekil 3.31: Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarının <i>çizgi salatası</i> olarak adlandırabileceğimiz bir kesiti.	68
Şekil 3.32: $\lambda = 465.0850$ nm dalgaboyunda, CLASS-LW programı ile dalgaboyu, şiddeti ve genişliği tanımlanan ama herhangi bir öneri olmaması sebebiyle sınıflandırılmayan bir spektral geçiş.	69
Şekil 3.33: Ho-Ar ve Ho-Ne plazmalarının FT spektrumunu temsil eden bir bölümü. Ho I, Ho II ve Ho III çizgileri ile Ar ve Ne asal gaz çizgileri görülmektedir. Ho I, Ho II, and Ho III çizgileri ve asal gaz çizgileri de görülmektedir. Skalanın yeterli olmaması sebebi ile tanımlanan bütün çizgiler etiketlenmemiştir.	70
Şekil 3.34: Bir Ar II çizgisiyle <i>blend</i> olan Ho çizgisi için S/N değerinin kesin olarak belirlenemediği duruma bir örnek. x-ekseni, Å cinsinden dalgaboyunu ve y-ekseni relatif şiddeti göstermektedir.	72

Şekil 3.35: Dalgasayılarının deneysel spektrumda belirlenen değerleri ve referans değerleri arasındaki farkın dalgasayısına bağlı grafiği lineerize olarak artmaktadır.	76
Şekil 3.36 (a): Ho - Ar plazma ortamında kaydedilen, 14280 — 25000 cm ⁻¹ dalgasayı aralığındaki tüm FT spektrumu, (b): analiz edilmek üzere kesilecek olan çizgiye yaklaşıldığında görülen spektral aralık ve (c): analiz edilmek üzere kesilecek olan $\sigma = 15260.82 \text{ cm}^{-1}$ spektral geçişi.....	79
Şekil 3.37: <i>Fitter</i> programına ait fit işlemi için kullandığı parametrelerin girildiği ekran.	80
Şekil 3.38: Birlikte fit edilen <i>blend</i> olmuş iki komşu çizgi: FT spektrumu ile en iyi fit spektrumu birlikte görülmektedir. Aşırı ince yapı bileşenleri, alt ve üst seviyelerin <i>F</i> toplam açısal momentum kuantum sayıları arasındaki farka bağlı gruplara göre renklendirildi. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir.	82
Şekil 3.39: Voigt profilinin FWHM değerlerinin dalgasayısına bağlı fonksiyonu, Lorentzian ve Gaussian bileşenleri. Tüm profiller için, fonksiyonun doğrusal grafiği beklendiği üzere lineer bir artış göstermektedir.	83
Şekil 3.40: 31116.22 cm ⁻¹ (<i>J</i> = 8.5) → 15855.28 cm ⁻¹ (<i>J</i> = 7.5) spektral geçişinin lineerize spektrumu. x-ekseni, MHz cinsinden çizgi genişliğini; y eksenini ise şiddeti göstermektedir.	84
Şekil 3.41: 31116.22 cm ⁻¹ (<i>J</i> = 8.5) → 15855.28 cm ⁻¹ (<i>J</i> = 7.5) spektral geçişinin <i>Fitter</i> ile fit edilen spektrumu. Mor spektrum teorik, gri spektrum deneysel ve "0" ekseninin altındaki koyu gri spektrum deneysel ve teorik spektrumlar arasındaki farkı göstermektedir. x eksenini, MHz cinsinden çizgi genişliğini; y eksenini ise şiddeti göstermektedir.	85
Şekil 3.42: Spektrumdaki asimetri: Voigt profili ve uygun fwhm kullanılarak fit edilen, iyi ayrılmış oldukça şiddetli bir çizginin en şiddetli hfs bileşeni. Kırmızı çizgi; <i>Fitter</i> ile çizilen spektrum ve siyah çizgi; deneysel spektruma ait.	86
Şekil 3.43: Spektrumumuzda satürasyon etkisi baskın olan bir çizgiye örnek: FT spektrumu ile en iyi fit spektrumu birlikte görülmektedir. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir. Şekilde ayrıca aşırı ince yapı bileşenleri, alt ve üst seviyelerin <i>F</i> toplam açısal momentum kuantum sayıları arasındaki farka bağlı gruplara göre renklendirildi. (a) tek fit parametresi ile fit yapıldığında; aşırı ince yapı bileşenlerinin teorik şiddetleri en şiddetli çizgi ile kuplaj yapıldığında. (b) iki fit parametresi ile fit yapıldığında; $\Delta J = \Delta F$ olan bileşenlerin tümü birbiriyle ve diğer bileşenlerin ($\Delta J \neq \Delta F$) tümü kendi aralarında kuplaj yapıldığında.....	87
Şekil 4.1: Aşırı ince yapıların gösterdiği karakteristik spektrumlara örnekler. (a): (1) nolu duruma, (b): (2) nolu duruma, (c): (3) nolu duruma, (d): (4) nolu duruma, (e): (5) nolu duruma örnek olarak gösterilmektedir. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir. x-ekseni, cm-1 cinsinden dalgasayısını ve y-ekseni bağlı şiddeti göstermektedir.	185

Şekil 4.2: 537.34 nm dalgaboyunda blend olan 3 çizgi: En sağda incelenmek istenen çizginin üst enerji seviyesinin J kuantum sayısı ($J = 13/2$ veya $J = 15/2$) kesin olarak bilinmemektedir. $J = 13/2$ için fit edilen spektrum görülmektedir. Çizginin sınıflandırılmayan bir başka çizgi ile blend olması sebebiyle fit analizi sonucunda da iki mümkün J değerlerinden hangisinin doğru olduğu belirlenemedi, her iki olasılık için de aşırı ince yapı sabitleri bulundu. Sınıflandırılmayan çizgi tam merkezde en şiddetli piktir. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir. Şekilde ayrıca aşırı ince yapı bileşenleri, alt ve üst seviyelerin F toplam açısal momentum kuantum sayıları arasındaki farka bağlı gruplara göre renklendirildi. 188



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Ho I çift pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.	9
Tablo 2.2: Ho I tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.	12
Tablo 2.3: Ho II tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.	17
Tablo 2.4: Ho II çift pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.	18
Tablo 3.1: Atomik ve iyonize Ho çizgileri için, S/N şiddetinin Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumları arasındaki R oranı.	70
Tablo 3.2: Ho - Ar spektrumundaki asal gaz çizgilerinin literatür değerleri ile karşılaştırılması ve kalibrasyonu.	74
Tablo 3.3: Ho - Ne spektrumundaki asal gaz çizgilerinin literatür değerleri ile karşılaştırılması ve kalibrasyonu.	75
Tablo 4.1: Ho çizgilerinin tanımlamalarına göre gruplandırılması.	88
Tablo 4.2: $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.	91
Tablo 4.3: $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.	149
Tablo 4.4: $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho III çizgileri.	162
Tablo 4.5: $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.	163
Tablo 4.6: $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.	172
Tablo 4.7: $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında, R katsayısı belirlenemediği için iyonizasyon derecesi tanımlanamayan çizgiler.	183
Tablo 4.8: Fourier transform spektrumunun analizi ile aşırı ince yapı sabitleri belirlenen seviyelerin ait olduğu spektral çizgiler.	190

Tablo 4.9: Literatürden alınan veya bu çalışmada bulunan ve fit işlemi sırasında sabit tutulan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitleri.	194
Tablo 4.10: Çift pariteli Ho I seviyelerinin bu çalışmada bulunan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol sabitleri ve literatürden alınan referans değerleri.	196
Tablo 4.11: Tek pariteli Ho I seviyelerinin bu çalışmada bulunan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol sabitleri ve literatürden alınan referans değerleri.	199



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler

Açıklama

σ	: Dalgasayısı
λ	: Dalgaboyu
ν	: Frekans
μ	: Moment
Ψ	: Dalga fonksiyonu
E_u	: Üst seviyenin enerjisi
E_l	: Alt seviyenin enerjisi
S	: Elektronun spin açısal momentum vektörü
L	: Elektronun yörüngesel açısal momentum vektörü
J	: Elektronun toplam açısal momentum vektörü
I	: Çekirdeğin spin açısal momentum vektörü
F	: Atomun toplam açısal momentum vektörü

Kısaltmalar

Açıklama

LIF	: Laser İndüklenmiş Floresans
OGS	: Optogalvanik Spektroskopi
ABMR	: Atomik Beam Manyetik Rezonans
FTS	: Fourier Transform Spektroskopisi
HFS	: Hyperfine Structure (Aşırı İnce Yapı)
FWHM	: Full Width at Half Maksimum

ÖZET

HOLMIYUM ELEMENTİNİN GÖRÜNÜR BÖLGEDEKİ SPEKTRAL ÇİZGİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE AŞIRI İNCE YAPISININ İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Berin ÖZDALGIÇ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Gönül BAŞAR

Bu çalışmada, Ho elementinin Fourier Transform spektrumu, elementin atom ve iyon geçişleri ve aşırı ince yapısı dikkate alınarak incelendi. Holmiyuma ait plazma ortamı, silindir katot gaz boşalım tüpünde üretildi. $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ veya $400 - 700 \text{ nm}$ aralığındaki oldukça yoğun Ho spektrumunda, 4000'den fazla Ho çizgisi tanımlandı. Bu çizgilerden 1067'si atomik veya iyonik Ho olarak sınıflandırılırken, 3126 çizgi atomik veya iyonik holmiyuma atandı. Bu atama, taşıyıcı gaz olarak Ar veya Ne kullanılarak ölçülen iki farklı FT spektrumundaki sinyal gürültü oranının birbirlerine oranına bağlı olarak yapıldı. Atom ve iyon hallerine ait toplam 3591 Ho çizgisi bugüne kadar literatürde literatürde olmayan çizgilerdir. Atomik holmiyum olarak sınıflandırılan 926 spektral çizgiden, 164'ü aşırı ince yapı analizi ile incelendi. 55'i ilk kez bu çalışmada olmak üzere, toplam 96 seviye için A ve B aşırı ince yapı sabitleri belirlendi.

Haziran 2019, 225 sayfa.

Anahtar kelimeler: Aşırı ince yapı, spektroskopi, holmiyum, görünür bölge, spektral çizgi sınıflandırma.

SUMMARY

SPECTRAL LINE CLASSIFICATION AND HYPERFINE STRUCTURE INVESTIGATION OF THE ELEMENT HOLMIUM IN THE VISIBLE REGION

Ph.D. THESIS

Berin ÖZDALGIÇ

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Physics

Supervisor : Prof. Dr. Gönül BAŞAR

In this study, Fourier Transform spectra of Ho, has been investigated with the focus on atomic and ionic transitions and hyperfine structure of Ho. The holmium plasma was produced in a hollow cathode gas discharge. In the very dense Ho spectrum, in the range from 14280 up to 25000 cm^{-1} or 400 to 700 nm, more than 4000 Ho lines have been identified. From these lines, 1067 have been classified as atomic or ionic holmium and 3126 lines could be assigned to atomic or ionic Ho. These assignments have been done based on the ratio of signal to noise ratio in two different spectra, measured with either Ar or Ne as a buffer gas. All together 3591 atomic and ionic Ho lines had not been listed in the literature up to now.

From 926 lines which have been classified as atomic Ho, 164 spectral lines were investigated by the means of hyperfine structure analysis. Hyperfine structure constants A and B have been determined for 96 levels, 55 of which were measured for the first time.

June 2019, 225 pages.

Keywords: Hyperfine structure, spectroscopy, holmium, visible region, spectral line identification.

1. GİRİŞ

Astrofiziğin amacı, evrenin yapısını anlamaktır. Yıldızlar ve galaksiler nasıl doğarlar ve nasıl evrilirler? Peki hayatları nasıl bitiyor? Bu soruları cevaplamak için ipuçları, yıldızların yaydığı radyasyonda bulunabilir. 1802 yılında Wollaston güneş spektrumunda karanlık çizgiler olduğunu fark etti. Birkaç yıl sonra, Fraunhofer, güneş spektrumunda görülen karanlık çizgilerin dalgaboyu olarak yerini belirledi. Yaklaşık 45 yıl sonra Kirchhoff ve Bunsen, birkaç Fraunhofer çizgisinin, ısıtılmış elementlerin spektrumunda tanımlanan karakteristik emisyon çizgileriyle çakıştığını fark etti. Güneş spektrumundaki soğurma çizgilerinin, güneş atmosferindeki kimyasal elementlerin emiliminden kaynaklandığı doğru bir şekilde tespit edildi. Gözlenen özelliklerden bazıları, Dünya atmosferindeki oksijen moleküllerinin absorpsiyonundan kaynaklanan tellürik çizgiler olarak tanımlandı. Günümüzde spektroskopi, astronomideki en önemli gözlem tekniklerinden biridir. Bir yıldızdan çeşitli dalga boylarındaki radyasyonun şiddetini ölçmek suretiyle yıldız ve yıldızlararası ortamın kimyasal bileşimi belirlenebilir ve yıldızların sıcaklığı ve kütlesi tahmin edilebilir [1]. Yıldız spektrumlarını analiz etmek için doğru atom verisi gereklidir. Bununla birlikte, bu veriler, birçok element için mevcut değildir veya belirsizdir. Bu tez, yıldız spektrumunun daha doğru analizini sağlayacak atomik verileri geliştirerek ve genişleterek astrofiziksel soruları çözmeye katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Bir yıldızın iç kısmı tüm dalgaboylarına sahip sabit bir şiddette parlar. Yıldızın dış kısmındaki atomlar, iç kısım tarafından yayılan ışığı absorbe eder. Bununla birlikte, her atom yalnızca kendi karakteristik dalgaboylarına sahip ışığı absorbe eder ve şiddet, absorpsiyon çizgileri adı verilen belirli dalgaboylarında dalgalanma gösterir. Her elementin kendine özgü absorpsiyon çizgileri vardır. Bir yıldızın bileşimi hakkındaki bilgi, yıldızın yayımladığı ışınımın ölçülmesi ve analiz edilmesiyle bulunabilir. Bir yıldız tarafından yayılan ışık birçok renk ve dalgaboyuna sahip bir ışıktan oluşur. Spektroskopik yöntemlerle ölçülerek kaydedilen spektrumun analiz edilmesiyle ışığın yapısı anlaşılabilir. Kaydedilen spektrumdaki absorpsiyon çizgileri tanımlanarak, bir yıldızda hangi atomların bulunduğu anlaşılabilir. Dahası, bir absorpsiyon çizgisinin derinliğinden yıldızda bulunan belirli bir elementin miktar tayini yapılabilir. Bir absorpsiyon çizgisinin şekli bize yıldızdaki sıcaklık ve yerçekimi

hakkında da bilgi verebilir. Gelişmiş spektrograflar kullanılarak yapılan yıldız atmosferleri çalışmaları, atmosferik modeller oluşturacak büyük çapta veriyi sağlar.

Günümüzde, zayıf spektral çizgiler, büyük teleskopların odak düzlemlerine bağlı yüksek çözünürlüklü spektrograflar kullanılarak tanımlanabilir ve analiz edilebilir. Bu tür enstrümanlar kullanarak, yıldız spektrumundaki nadir element çizgilerini incelemek ve demirden daha ağır elementlerin sentezini ve bolluğunu anlamak mümkündür. Gray ve Corbally, güneş atmosferindeki lantanitlerin bolluğunun, diğer yıldızların atmosferlerindeki 10.000 kat daha fazla olabileceğini belirtmiştir. Benzer bir ifade, kimyasal olarak özgün yıldızların atmosferlerindeki lantanitler hakkında da yapılabilir. Metalik çizgilerin şiddetleri, A-F-G tipi yıldızlarda atomik difüzyonla açıklanabilen Ap yıldızlarının spektrumlarında biraz daha yüksektir. Ek olarak, yıldız atmosferlerindeki nadir elementlerin bolluk çalışmaları, süpernova patlamalarına ışık tutabilir; bu yalnızca yıldız evrimini anlamak için değil, aynı zamanda galaksimizin oluşumunu ve kimyasal evrimini anlamak için de önemlidir [2, 3, 4].

Bu nedenle, optik dalga boylarında yıldız atmosferlerinin kesin parametrelerinin belirlenmesi için elementlerin laboratuarda elde edilen karakteristik spektral çizgilerinin tanımlanması gerekir. Bir elementin enerji seviyeleri arasında meydana gelen karakteristik absorpsiyon-emisyon çizgilerinin tüm dalgaboylarının seti laboratuarda ölçülebilir. Spektrometreler aracılığıyla kaydedilen bu enerji geçişleri bir çizgi spektrumu verir. Bununla birlikte, içsel süreçler, absorpsiyon çizgisinin şeklini etkiler, bu yıldız spektrumlarının araştırılmasını zorlaştırır. Örneğin holmiyum (Ho) elementi çok geniş emisyon çizgilerine sahiptir. Bunun nedeni, yıldız spektrumundaki holmiyum çizgilerinin yapısının sadece yıldız sıcaklığı, yerçekimi ve holmiyum bolluğu ile değil aynı zamanda aşırı ince yapı -hyperfine structure (hfs)- ayrışması adı verilen atom içi bir etkileşim ile değişmesidir. Net bir nükleer spine sahip elementler için, E_J ince yapı enerji seviyeleri, E_F çoklu hfs seviyelerine ayrılır. Hfs sabitleri, çekirdek ve elektronlar arasındaki etkileşimler nedeniyle, enerji seviyelerindeki E_J 'ye göre ayrışmayı ve kaymayı tanımlar. Yıldız spektrumundaki holmiyum çizgilerini analiz etmek için, aşırı ince yapı etkileşimlerinin spektral çizgiler üzerindeki etkisinin bilinmesi gerekir. Bu, spektral çizgilerin analiz edilerek elementin enerji seviyelerine ait hfs sabitlerinin bulunmasıyla sağlanabilir [5].

Bu tez çalışmasında, Holmiyum elementinin görünür bölgedeki tüm spektral çizgilerinin tanımlanarak sınıflandırılması ve bu çizgilerin aşırı ince yapısını belirleyen A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitlerinin belirlenmesi amaçlandı. Bu amaçla, %99.9 saflığa sahip holmiyum izotopunun görünür bölgedeki (400 – 700 nm) emisyon spektrumu Fourier Transform Spektroskopi (FTS) yöntemiyle, Letonya Üniversitesi Laser Merkezi'nde kaydedildi. Bu emisyon spektrumundaki spektral çizgiler öncelikle, holmiyumun bilinen enerjileri yardımıyla, CLASS-LW programı [6] ile analiz edilerek sınıflandırıldı ve daha sonra FITTER programı [7] ile analiz edilerek sınıflandırılan holmiyum çizgilerin aşırı ince yapı sabitleri belirlendi.

14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı veya 400 – 700 nm dalgaboyu spektral aralığındaki tüm spektrumun CLASS-LW programı ile analizi sonucunda toplam 4193 Ho çizgisi tanımlandı. Tanımlanan 4193 çizginin, Holmiyum elementinin atomik (Ho I), birinci (Ho II) ve ikinci iyonize (Ho III) hallerine ait bilinen enerji seviyeleri ile 594'ü ilk defa bu çalışmada olmak üzere 1067 çizgisinin sınıflandırılması başarıldı. Sınıflandırılan Ho I çizgilerinden, şiddetli ve aşırı ince yapı bileşenleri yeterince ayrılmış olanlar seçilerek FITTER programı [7] ile fit işlemi yapıldı. Bu 164 çizginin fit edilmesi sonucunda, 57 çift pariteli ve 39 tek pariteli olmak üzere toplamda 96 seviyenin aşırı ince yapı sabitleri belirlendi. 54 seviyenin aşırı ince yapı sabitleri ilk defa bu çalışmada bulundu. Aşırı ince yapı sabitleri daha önceden bilinen 42 enerji seviyesi için bulunan değerler, çoğunlukla referans değerleri ile hata sınırları içerisinde uyumludur. Birçok seviye için bulunan manyetik dipol aşırı ince yapı sabitlerinin ağırlıklı ortalama değeri A_{ort} ile referans değerleri, $A_{\text{ref.}}$ arasındaki fark, hata sınırlarını % 1 fark ile geçmektedir. B sabitlerinin tutarsızlığı ise, bazı durumlarda % 1'den daha büyüktür, ancak hata limitinin iki katını geçmemektedir.

Bu tez çalışmasına başlamadan önce, Holmiyum elementinin enerji seviyeleri, spektral enerji geçişleri ve aşırı ince yapı etkileşimleri hakkında günümüze kadar yapılan tüm teorik ve deneysel çalışmalar araştırılarak incelendi ve tezin ikinci bölümünde verildi. Üçüncü bölümde, çok elektronlu atomlar için enerji yapısından, atomun içinde meydana gelen ince ve aşırı ince yapı etkileşimlerinden ve holmiyum elementinin atomik özelliklerinden bahsedildi. Daha sonra, Ho spektrumunun kaydedilmesinde kullanılan Fourier Transform Spektroskopik yöntem ve deneysel spektrumun analizi için kullanılan CLASS-LW [6] ve FITTER [7]

bilgisayar programları ile analiz süreci açıklandı. Elde edilen sonuçlar, Bulgular bölümünde verildi ve son olarak Tartışma ve Sonuç bölümünde de bu sonuçların değerlendirmesi yapıldı.



2. GENEL KISIMLAR

Holmiyum elementini, İsveçli bir kimyager olan Per Theodor Cleve, 1878 yılında keşfetmiştir. Holmiyum, doğada serbest halde bulunmaz, kendisi gibi lantanit grubundaki elementlerle veya bazı mineraller ile birlikte bulunur.

Atom numarası 67 ve atom ağırlığı 164.94 g/mol [8] olan Holmiyum elementi (Ho), lantanit grubunda bulunmaktadır. Ho elementinin, nükleer spini $I = 7/2$ olan, sadece bir kararlı ^{165}Ho izotopu vardır [9]. ^{165}Ho izotopunun aşırı ince yapı spektrumu, $\mu_I = +4.17(3) \mu_N$ [10] değerindeki çekirdek manyetik dipol moment ve $Q = +2.7b$ ile $3.6b$ [10] aralığında değer alan elektrik kuadropol moment ile tanımlanır. Multipol moment değerlerinin yüksek olması, Holmiyum atom (Ho I) ve birinci iyonunun (Ho II) aşırı ince yapılarının Doppler sınırlı metotlarla gözlenebilmesine olanak sağlar. ^{165}Ho izotopu için manyetik dipol moment ilk defa 1968 yılında, Sugar [11] tarafından bir Fabry-Perot Spektrometresi ile bir kez iyonize olmuş Holmiyum atomunun (Ho II) aşırı ince yapı ölçümlerinden elde edilmiştir. Holmiyum elementi, doğal olarak oluşan elementler arasında en yüksek manyetik momente ($10.6 \mu_B$) sahiptir, çevre şartlarında paramanyetik olmakla birlikte, 19 K altındaki sıcaklıklarda ferromanyetik özellik gösterir [12]. ^{165}Ho izotopunun elektrik kuadropol momentinin büyüklüğü birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir [13-17].

Holmiyum atomuna (Ho I) ait temel seviyenin, A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol momentleri sabitleri, Atomik Işın Manyetik Rezonans (ABMR) yöntemi ile, önce Goodman ve Schlupmann [13] ve daha sonra Merzyn ve diğ. [18] tarafından belirlenmiştir. Merzyn ve diğerleri, 1972’de, temel seviyeye ait dört aşırı ince yapı etkileşim sabitini de (A -dipole, B -kuadropole, C -octopole ve D -sedecimpole) hesaplamışlardır.

Meggens ve diğ. [19], toplamda 70 elementin (holmiyum ile birlikte), 2000 – 9000 Å dalgaboyu aralığındaki 39000 spektral geçişlerinin dalgaboyu ve şiddet değerlerini ölçerek kitap haline getirmişlerdir. Martin ve diğ. [20], Lantan ($Z = 57$) ve Lutesyum ($Z = 71$) elementleri arasındaki 15 toprak elementinin enerji seviyelerini, 1978 yılına kadar yapılan tüm çalışmaları inceleyip biraraya getirerek “Atomic Energy Levels – The Rare Earth Elements” isimli katalog kitabında yayınlamışlardır. Bu katalogta, Holmiyum elementinin ($Z = 67$) atom halinden 4 kez iyonize haline kadar olan deneysel enerji seviyelerini ve bu

seviyelere ait parite, J değeri, konfigürasyon ve deneysel g faktörleriyle birlikte verilmiştir. Ayrıca her enerji seviyesinin teorik olarak en yüksek olasılıkları da verilmiştir.

Wyart ve diğ. [21], $2493 - 12344 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığındaki Ho spektrumunu *Fourier Transform Spektroskopisi (FTS)* ile 1977 yılında incelemiştir. Toplamda 1462 geçiş incelenmiş ve bunlardan 913'ü, 144 tek pariteli ve 116 çift pariteli seviyeler arasındaki geçişler olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırılan geçişlerin analizi ile, 111 tek pariteli ve 66 çift pariteli enerji seviyesinin hfs sabitleri bulunmuştur. Bir yıl sonra aynı çalışmanın devamı olarak [22], Holmiyum atomunun çok konfigürasyonlu ($4f^{11}6s^2 + 4f^{10}6s^26p + 4f^{11}5d6s$ ve $4f^{10}5d6s^2 + 4f^{11}6s6p$), parametrik ince yapı analizini yapmışlardır. Bu konfigürasyonlar ile tanımlanan 71'i tek ve 70'i çift pariteli olmak üzere 141 seviyenin enerji değerlerini teorik olarak bulmuşlardır.

Burghardt ve diğ. [17] (1982), Ho I'e ait temel seviyenin hfs sabitlerini ve $4f^{11}6s^2 \ ^4I_{11/2}$ ve $\ ^4I_{9/2}$ elektronik seviyelerinin, g_j faktörünü *ABMR* yöntemi ile bulmuşlardır.

Childs ve diğ. [23], *Laser-floresans (LIF)* ve *Laser-rf Çift-Rezonans* metodu ile atomik holmiyumun, 27556 cm^{-1} , 27575 cm^{-1} ve 27640 cm^{-1} değerlerine sahip üç yeni enerji seviyesini bulmuşlar ve bu seviyelerin hfs sabitlerini belirlemişlerdir.

1990 yılında, *Fast Beam Laser Spektroskopi* metodu ile incelenen Ho II'ye ait 5 seviye için ilk defa yaşam süresi ve osilasyon gücü belirlenmiştir [24]. 1994 yılında, Ho II için Smirnov [25] 26 yeni çizgi sınıflandırmayı başarmıştır.

1992 yılında, Reddy ve diğ. [26] (1992), Holmiyum atomunun *Optogalvanic Spectroscopy (OGS)* yöntemi ile kaydedilen spektrumunda yeni spektral geçişleri sınıflandırmış ve bu geçişlere ait enerji seviyelerinin aşırı ince yapı analizi ile A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol momentlerini belirlemişlerdir. 1997 yılında, Kröger [27], atomik holmiyumun $4f^{10}5d6s6p$ ve $4f^{10}5d^26s$ ile tanımlanan seviyelerinin hfs sabitlerini teorik ve deneysel olarak hesaplamış ve görünür bölgede yeni enerji seviyeleri bulmuştur.

Hartog ve diğ. [28], 1999 yılında, LIF yöntemi ile elde edilen Ho I ve Ho II spektrumlarından sırasıyla, $17000 - 41000 \text{ cm}^{-1}$ ve $20000 - 38000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında, enerji seviyelerinin yaşam ömürlerini belirlemişlerdir.

2000 yılında, Morton [29], Germanyum- Bizmut aralığındaki ağır elementler için enerji, istatistiksel ağırlık, iyonizasyon potansiyeli, dalgaboyu, geçiş olasılığı, yaşam süresi değerlerini belirlemişlerdir. Bu çalışma, ağır element zenginliğine sahip yıldız atmosferleri ile ilgili çalışılmalar için de büyük önem taşımaktadır.

2003 yılında, Gilian Nave [30], 345 – 1080 nm aralığında kaydedilen FT spektrumunu analiz ederek, Ho I için 321 spektral geçişe ait geçiş olasılıklarını bulmuştur.

Lawler ve diğ. [31] 2004 yılında, Ho II'ye ait FT spektrumunu analiz ederek, 6 tek ve 10 çift pariteli enerji seviyesine ait hfs sabitlerini belirlemiştir.

2005 yılında Sansonetti ve Martin [32], hidrojenen einsteinyuma kadar olan tüm elementlerin ($Z = 1 - 99$) atom ve bir kez iyonize halleri için seviye enerjileri, enerjiler arasındaki geçişlerin dalgaboyları, şiddetleri ve geçiş olasılıkları bilgilerini derleyerek “Handbook of Basic Atomic Spectroscopic Data” isimli kitabı oluşturmuşlardır.

Gurell ve diğ. [33], 2009 yılında, $8000 - 49600 \text{ cm}^{-1}$ ($2016 - 12500 \text{ Å}$) aralığında bir kez iyonize holmiyumun FT spektrumunu inceleyerek, 303 çizgiyi sınıflandırmışlar ve 83 yeni aşırı ince yapı sabiti değerlerini belirlemişlerdir.

2013 yılında Smirnov [34], elektronlarla uyarılan Holmiyum atomu için, 102 spektral geçişin uyarılmış tesir kesiti değerlerini belirlemiştir.

Holmiyumun, $25000 - 31530 \text{ cm}^{-1}$ aralığındaki, morötesi bölgede ölçülen FT spektrumunun spektral çizgi analizi, sırasıyla atomik (Ho I) ve iyonize halleri (Ho II ve Ho III) için Al-Labady ve diğ. [35] ve Basar ve diğ. [36] tarafından, 2017 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, toplamda 71 yeni Ho I çizgisi, 97 yeni Ho II çizgisi ve 9 yeni Ho III çizgisi sınıflandırılmıştır.

2018 yılında, Stefanska ve grubu tarafından holmiyum atomunun enerji seviyeleri, enerji seviyelerinin g_j faktörleri ve aşırı ince yapı geçişleri teorik ve *LIF* yöntemi ile deneysel olarak 4 farklı yayında incelenmiştir. İlk olarak, Stefanska ve Furmann [37] ve Stefanska ve diğ. [38] holmiyum atomunun sırasıyla, önceden bilinen 40 tek pariteli ve 24 çift pariteli enerji seviyesinin *A* manyetik dipol ve *B* elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitlerini belirlemişlerdir. Daha sonra, Stefanska ve diğ. [39], 18 çift pariteli enerji seviyesinin Zeeman

yarılmalarında aşırı ince yapılarını incelemişler ve bu seviyelerinin g_j faktörlerini ilk defa bu çalışmada belirlemişlerdir. Bir diğer yayında ise, Stefanska ve diğ. [40], 33 000 - 42 000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, 26 yeni tek pariteli enerji seviyesi bulmuş ve bu seviyelerin A ve B aşırı ince yapı sabitlerini de belirlemişlerdir.

Bugüne kadar yapılan tüm çalışmalar derlendiğinde, atomik Holmiyumun (Ho I), 0.00 – 44904.20 cm^{-1} dalgasayısı aralığında bilinen 183 çift ve 230 tek pariteli deneysel enerji seviyesi, bir kez iyonize holmiyumun, 0.00 – 44998.00 cm^{-1} aralığında bilinen 87 çift ve 23 tek pariteli deneysel enerji seviyesi ve 0.00 – 80360.21 cm^{-1} aralığında ise iki kez iyonize holmiyumun (Ho III) bilinen 72 tek ve 54 çift pariteli deneysel enerji seviyesi olduğu tespit edildi. Ş ana kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde, görünür bölgede kaydedilen spektrumda, Ho I, Ho II ve Ho III için deneysel olarak bilinen enerji seviyeleri arasındaki spektral geçişlerin birçoğunun henüz tanımlanmadığı görüldü. Ayrıca, atomik holmiyumun (Ho I) birçok enerji seviyesinin A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitlerinin bilinmediği belirlendi. Sırasıyla tek ve çift pariteli enerji seviyeleri için literatürden bilinen A ve B sabitleri Holmiyum atomu (Ho I) için Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de ve Holmiyum iyonu (Ho II) için Tablo 2.3 ve Tablo 2.4’te verildi. Tablolarda deneysel ince yapı enerji seviyeleri, J kuantum sayıları, ve referansları belirtildi. Bir enerji seviyesinin aşırı ince yapı sabitleri birden fazla yöntem ile bulunduysa, tablolarda en hassas olan değere yer verildi.

Bu tez çalışmasında, Ho elementinin deneysel spektrumu Fourier Transform (FT) Spektroskopisi yöntemi ile kaydedildi. 14280 - 25000 cm^{-1} (400 - 700 nm) aralığındaki görünür bölgede kaydedilen FT spektrumunun, bu çalışmada gerçekleştirilen spektral çizgi analizi ile tanımlanan ve/veya sınıflandırılan çizgileri atomik ve iyonik Holmiyum için iki ayrı yayın olarak [41,42], 2019 Ocak ayında, “The Astrophysical Journal Supplement Series” isimli dergide yayınlandı. Bu tez çalışmasının ikinci kısmında yapılan spektral çizgilerin aşırı ince yapı analizinin sonuçları da üçüncü bir yayın olarak aynı dergiye gönderildi ve kabul edilen yayın basım aşamasındadır.

Tablo 2.1: Ho I çift pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm^{-1})	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
8378.91	17/2	775.9(4.5)	570(300)	[21]
8427.11	15/2	842.4(4.5)	800(300)	[21]
9147.08	13/2	916.6(5)	2668(7)	[23]
9741.50	19/2	742.9(4.5)	1679(300)	[21]
11322.31	23/2	693.4(4.5)	3316(300)	[21]
11530.56	17/2	770.2(3.0)	1295(150)	[21]
11689.77	19/2	735.5(0.8)	3022(36)	[38]
12339.04	15/2	807.0(3.0)	243(150)	[21]
12344.55	13/2	906.9(3.0)	752(150)	[21]
13082.93	11/2	1037.3(4.5)	2548(300)	[21]
15081.12	13/2	891.0(1.5)	264(60)	[21]
15130.31	17/2	807.6(3.0)	2257(150)	[21]
15136.06	15/2	863.1(1.5)	477(60)	[21]
15792.13	11/2	1026.8(1.5)	1043(60)	[21]
15855.28	15/2	1140.1(1.5)	-243(60)	[21]
16154.21	15/2	903.9(1.5)	567(60)	[21]
16438.03	17/2	819.7(5)	2035(20)	[23]
16683.52	19/2	739.9(1.5)	3424(60)	[21]
16709.82	17/2	1138.0(1.5)	-1805(60)	[21]
16719.62	9/2	1208.5(3.0)	2138(150)	[21]
16735.95	13/2	883.8(1.5)	192(60)	[21]
16882.31	15/2	477.7(5)	-675(20)	[23]
16937.43	11/2	1022.3(3.0)	2069(150)	[21]
17059.35	13/2	556.7(3.0)	-977(150)	[21]
17883.57	19/2	1221.9(4.5)	-288(300)	[21]
18337.80	17/2	1103.5(3.0)	-1517(150)	[21]
18491.21	11/2	839.1(3.0)	-228(150)	[21]
18564.90	13/2	868.2(4.5)	594(300)	[21]
18651.53	15/2	863.4(1.5)	-2572(60)	[21]
18756.22	15/2	848.7(4.5)	3151(300)	[21]
18757.87	9/2	1154.2(4.5)	525(300)	[21]
18821.25	11/2	265.3(1.5)	-228(60)	[21]
18858.19	13/2	465.6(3.0)	-2956(150)	[21]
20074.89	15/2	824.5(1.3)	1600(70)	[38]
20167.18	15/2	1335.9(1.5)	1250(60)	[21]
20241.31	13/2	995.6(3.0)	345(150)	[21]
20258.27	13/2	1426.7(3.0)	1889(150)	[21]
20498.73	17/2	1224.0(1.5)	381(60)	[21]
21217.11	19/2	1080.7(1.5)	863(60)	[21]
21494.89	21/2	1032.5(1.5)	1091(60)	[21]

Tablo 2.1 (devam): Ho I çift pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm^{-1})	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
21980.67	23/2	1012.1(3.0)	1580(150)	[21]
22157.86	13/2	742.9(3.0)	228(150)	[21]
21373.01	9/2	1197.1(4.5)	2239(300)	[21]
21584.89	13/2	1219.5(1.5)	-681(60)	[21]
22197.69	11/2	876.9(3.0)	1784(150)	[21]
22227.34	15/2	1308.6(1.5)	-2117(60)	[21]
22227.36	15/2	1308.6(5)	-2122(20)	[23]
22413.14	11/2	618.5(1.5)	-666(60)	[21]
22414.04	13/2	823.5(3.0)	522(150)	[21]
22476.89	17/2	743.2(3.0)	609(150)	[21]
22500.62	15/2	747.4(-0.8)	431(-37)	[38]
22866.55	19/2	764.2(3.0)	953(150)	[21]
22978.19	13/2	933.0(-1.0)	1150(-47)	[38]
23366.71	21/2	821.7(3.0)	1211(150)	[21]
23375.28	25/2	971.0(3.0)	2632(150)	[21]
23498.57	17/2	1350.6(3.0)	120(150)	[21]
23834.94	15/2	1274.4(3.0)	-1643(150)	[21]
23861.17	9/2	278.8(4.5)	-39(300)	[21]
23946.16	11/2	614.3(4.5)	-2338(300)	[21]
24006.23	23/2	825.0(3.0)	2129(150)	[21]
24376.91	15/2	578.0(4.5)	198(300)	[21]
24404.19	19/2	502.7(3.0)	1583(150)	[21]
24660.80	15/2	753.7(-0.7)	-2496(35)	[38]
24714.34	21/2	693.7(3.0)	1760(150)	[21]
24740.52	13/2	707.8(-1.1)	-771(-46)	[38]
24760.13	13/2	626.2(-1.5)	445(-64)	[38]
24795.58	17/2	1135.9(3.0)	1454(150)	[21]
24830.43	11/2	864.6(4.5)	-354(300)	[21]
24961.42	11/2	764.5(4.5)	570(300)	[21]
25261.55	11/2	1026.7(-0.1)	970(-11)	[38]
25261.58	11/2	1025.9(5)	934(7)	[23]
25272.63	15/2	555.0(-1.1)	-769(-56)	[38]
25503.33	11/2	1227.9(4.5)	645(300)	[21]
25545.07	21/2	1101.1(3.0)	1214(150)	[21]
25548.26	19/2	602.6(3.0)	1226(150)	[21]
25571.15	13/2	1407.15(3)	-1378.6(2.1)	[17]
25914.31	11/2	697.5(-0.3)	-858(-14)	[38]
25930.66	13/2	1010.3(-0.1)	3222(-17)	[38]

Tablo 2.1 (devam): Ho I çift pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm ⁻¹)	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
25967.69	15/2	830		[27]
26293.14	19/2	986		[27]
26394.99	17/2	543		[27]
26655.52	17/2	1023.2(3.0)	2368(150)	[21]
26947.33	13/2	582		[27]
27556.90	9/2	1121.1(5)	847(7)	[23]
27575.09	7/2	582.1(5)	50.9(7.0)	[23]
27640.21	11/2	1515.2(5)	-645(7)	[23]
29069.78	11/2	967.1(-1.4)	-1104(-44)	[38]
29096.77	11/2	1039.1(-1.8)	279(-54)	[38]
29638.41	9/2	703.0(-0.6)	-358(-31)	[38]
30423.60	11/2	792.2(-3.0)	-1405(-53)	[38]
31903.28	11/2	764.7(-3.2)	-29(-62)	[38]
32039.76	9/2	818.6(-2.9)	-94(-51)	[38]
36344.52	15/2	1997.6(70)	-284(20)	[26]
36663.94	13/2	850.0(80)	1340(23)	[26]
36726.65	19/2	1305.2(70)	-617(32)	[26]
36791.24	17/2	1620.0(80)	1615(28)	[26]
37388.72	17/2	1188.5(70)	-262(22)	[26]
37481.94	13/2	778.0(60)	639(31)	[26]
37865.77	15/2	1094.7(70)	-2744(34)	[26]
38513.12	13/2	225.1(60)	-2018(28)	[26]

Tablo 2.2: Ho I tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm^{-1})	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
0.00	15/2	800.58309(6)	-1668.089(8)	[17]
5419.7	13/2	937.2088(3)	-1438.065(25)	[17]
8605.16	11/2	1035.1433(8)	-1052.515(29)	[17]
10695.75	9/2	1137.87(13)	-494.2(1.3)	[17]
13094.42	9/2	884.5(2.0)	1752(22)	[37]
18737.79	17/2	900.6(3.0)	980(150)	[21]
18867.4	13/2	1478.3(70)	-478(25)	[21]
18867.54	13/2	1480.7(1.5)	-474(60)	[21]
19276.92	15/2	1301.1(1.5)	-1883(60)	[21]
20060.76	11/2	549.2(1.5)	-549(60)	[21]
20124.27	19/2	922.8(1.5)	-788(60)	[21]
20315.89	17/2	615.8(1.5)	-1304(60)	[21]
20493.76	13/2	494.1(3.0)	-1871(150)	[21]
20613.8	17/2	786.0(1.5)	-1019(60)	[21]
20831.18	19/2	962.3(3.0)	-1124(150)	[21]
21069.22	15/2	425.7(1.5)	-1859(60)	[21]
21378.54	17/2	798.0(3.0)	719(150)	[21]
21485.02	19/2	803.7(3.0)	3696(150)	[21]
21552.02	17/2	832.8(3.0)	-588(150)	[21]
21682.9	15/2	795.3(3.0)	-360(150)	[21]
22024.2	13/2	748.3(3.0)	1886(150)	[21]
22392.86	13/2	512.9(3.0)	-749(150)	[21]
23211.21	19/2	576.5(3.0)	-360(150)	[21]
23885.74	17/2	705.4(3.0)	-1445(150)	[21]
24594.75	13/2	1359.5(3.0)	3220(150)	[21]
24678.25	19/2	1211.5(3.0)	-1034(150)	[21]
25980.35	21/2	1171.3(3.0)	444(150)	[21]
26637.82	17/2	1023.2(1.5)	1451(60)	[21]
26664.68	17/2	1073.8(3.0)	1322(150)	[21]
27358.81	21/2	1163.2(3.0)	1889(150)	[21]
27470.27	19/2	1121.2(4.5)	2039(300)	[21]
27670.98	19/2	1040.6(3.0)	2129(150)	[21]
27697.56	23/2	1117.9(3.0)	2686(150)	[21]
27923.18	17/2	1149.7(3.0)	1430(150)	[21]
28244.29	17/2	660.1(3.0)	579(150)	[21]
28393.24	19/2	877.2(3.0)	1028(150)	[21]
28481.24	21/2	956.0(3.0)	1589(150)	[21]
28887.78	21/2	1090.9(3.0)	2743(150)	[21]
29266.91	23/2	974.9(3.0)	3028(150)	[21]
29558.07	21/2	1293.3(4.5)	135(300)	[21]
30049.10	15/2	1050.0(3.0)	2278(150)	[21]

Tablo 2.2 (devam): Ho I tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm^{-1})	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
30135.31	17/2	1442.0(4.5)	480(300)	[21]
30339.01	13/2	1442.0(4.5)	480(300)	[21]
22014.13	15/2	649.9(1.5)	-1331(60)	[21]
22157.88	9/2	361.5(3.0)	-522(150)	[21]
22518.59	11/2	680.8(1.5)	-1187(60)	[21]
22593.53	11/2	772.0(3.0)	246(150)	[21]
23585.31	13/2	1078.3(1.5)	-770(60)	[21]
23612.92	11/2	1254.0(3.0)	-384(150)	[21]
23818.54	15/2	962.3(3.0)	705(150)	[21]
23942.71	13/2	953.0(3.0)	725(150)	[21]
24112.04	15/2	1213.0(3.0)	1349(150)	[21]
24357.90	15/2	840.3(3.0)	-1874(150)	[21]
25591.43	15/2	375.3(3.0)	-93(150)	[21]
25616.46	11/2	1737.3(1.5)	-441(60)	[21]
25660.40	17/2	969.8(3.0)	-621(150)	[21]
25805.04	9/2	936.2(3.0)	-426(150)	[21]
26023.52	15/2	810.0(3.0)	45(150)	[21]
26127.22	13/2	812.1(3.0)	306(150)	[21]
26127.37	13/2	811.8(5)	50.9(7.0)	[23]
26143.57	17/2	776.8(3.0)	989(150)	[21]
26198.39	15/2	1075.9(3.0)	-1298(150)	[21]
26225.76	13/2	732.4(3.0)	-1055(150)	[21]
26288.10	13/2	1215.0(3.0)	-1520(150)	[21]
26443.11	11/2	969.2(3.0)	-570(150)	[21]
26456.72	15/2	907.2(3.0)	950(150)	[21]
26480.47	17/2	1091.8(3.0)	66(150)	[21]
26529.83	11/2	752.2(3.0)	1889(150)	[21]
26664.67	11/2	783.1(3.0)	1469(150)	[21]
26673.72	13/2	945.5(3.0)	-210(150)	[21]
26770.17	19/2	729.4(1.4)	1291(73)	[37]
26811.32	15/2	1319.4(3.0)	585 (150)	[21]
26818.67	9/2	669.1(3.0)	-989(150)	[21]
26922.41	15/2	1117.6(3.0)	-908(150)	[21]
26977.37	13/2	856.2(3.0)	-1478(150)	[21]
27049.80	11/2	534.2(4.5)	-722(300)	[21]
27423.79	13/2	1039.1(3.0)	1565(150)	[21]
27643.13	11/2	955.4(3.0)	1733(150)	[21]
27649.51	15/2	995.3(3.0)	1499(150)	[21]

Tablo 2.2 (devam): Ho I tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm^{-1})	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
27724.36	13/2	936.5(3.0)	1310(150)	[21]
28315.79	17/2	780.9(1.1)	1326(60)	[37]
28315.79	15/2	875.7(1.2)	267(60)	[37]
28561.18	13/2	609		[27]
28598.25	13/2	357.3(3.0)	270(150)	[21]
28642.79	11/2	366		[27]
28861.41	17/2	617.9(3.0)	-180(150)	[21]
28952.03	15/2	1002.5(3.0)	0(150)	[21]
29086.67	15/2	399.6(3.0)	-615(150)	[21]
29116.10	11/2	498.0(4.5)	-450(300)	[21]
29207.00	11/2	562.4(4.5)	75(300)	[21]
29208.43	11/2	488.7(4.5)	-360(300)	[21]
29324.82	13/2	1001.6(4.5)	-1679(300)	[21]
29443.09	17/2	1061.3(3.0)	2084(150)	[21]
29465.60	19/2	984.8(3.0)	1628(150)	[21]
29544.70	9/2	712.0(3.0)	1889(150)	[21]
29576.42	25/2	1081.9(3.0)	5666(150)	[21]
29660.86	13/2	961.4(3.0)	-1349(150)	[21]
29692.67	19/2	528.8(3.0)	2143(150)	[21]
29702.04	11/2	1362.2(4.5)	-1277(300)	[21]
29760.74	9/2	1189.0(4.5)	255(300)	[21]
29834.05	15/2	1051.7(3.0)	-90(150)	[21]
29842.26	13/2	1145.5(3.0)	450(150)	[21]
29979.51	15/2	1229.4(3.0)	961(150)	[21]
30011.00	23/2	1017.2(3.0)	3058(150)	[21]
30049.71	19/2	643.6(3.0)	1199(150)	[21]
30067.84	21/2	784.0(3.0)	2009(150)	[21]
30071.29	9/2	1784.1(4.5)	-570(300)	[21]
30146.15	11/2	1104.9(1.8)	538(81)	[37]
30280.49	11/2	1193.7(1.6)	1623(50)	[37]
30327.49	17/2	788.1(3.0)	552(150)	[21]
30425.58	19/2	950		[27]
30484.68	21/2	974.6(3.0)	1349(150)	[21]
30582.15	17/2	707.2(3.0)	1619(150)	[21]
30773.59	15/2	838.2(3.0)	1184(150)	[21]
30805.90	17/2	764.5(2.4)	-293(51)	[37]
31018.63	19/2	950.6(3.0)	654(150)	[21]
31042.44	15/2	734.5(3.0)	1199(150)	[21]

Tablo 2.2 (devam): Ho I tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm^{-1})	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
31272.03	13/2	673.2(1.7)	349(92)	[37]
31286.69	17/2	849.3(3.0)	815(150)	[21]
31339.46	15/2	627.2(1.3)	55(61)	[37]
31380.04	13/2	744.9(1.7)	818(48)	[37]
31394.02	11/2	800		[27]
31515.70	21/2	1134.1(4.5)	2590(300)	[21]
31540.19	15/2	809		[27]
31707.40	11/2	906.4(1.6)	1782(73)	[37]
31793.06	17/2	858.6(4.5)	2054(300)	[21]
31984.62	17/2	809.4(4.5)	1919(300)	[21]
32331.28	19/2	980.6(4.5)	2518(300)	[21]
32671.45	15/2	849.5(1.1)	1218(41)	[37]
33005.31	15/2	662.1(1.6)	-132(76)	[37]
33268.75	17/2	788.6(1.3)	1981(82)	[37]
33466.85	17/2	1164.8(0.6)	2165(20)	[37]
33523.57	15/2	937.6(0.8)	921(54)	[37]
33808.02	15/2	1127.1(1.2)	1189(29)	[37]
33983.40	17/2	1014.7(1.9)	1591(34)	[37]
33983.68	15/2	979.8(0.8)	1123(50)	[37]
34013.03	19/2	1078.1(0.2)	1219(25)	[37]
34185.82	13/2	747.7(0.4)	641(18)	[37]
34277.91	19/2	1125.0(0.5)	1644(54)	[37]
34293.91	17/2	903.5(0.9)	228(51)	[37]
34309.15	13/2	1051.5(0.4)	1481(40)	[37]
34346.46	15/2	693.2(2.9)	846(69)	[37]
34534.53	13/2	806.4(0.9)	680(32)	[37]
34537.92	17/2	883.7(0.9)	1613(26)	[37]
34584.43	11/2	1391.3(0.7)	543(27)	[37]
34653.56	13/2	962.1(1.6)	589(70)	[37]
34737.11	19/2	915.4(1.1)	1884(55)	[37]
34853.26	15/2	650.6(1.2)	504(71)	[37]
34879.66	21/2	791.2(1.3)	3862(93)	[37]
34888.46	15/2	556.8(1.0)	1474(29)	[37]
35270.88	13/2	709.0(1.9)	569(32)	[37]
35434.63	13/2	897.9(0.4)	-1253(58)	[37]
35514.11	11/2	671.0(2.3)	1329(27)	[37]
35599.50	17/2	885.7(2.2)	930(77)	[37]
35671.30	15/2	889.7(0.6)	550(47)	[37]

Tablo 2.2 (devam): Ho I tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm^{-1})	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
35692.30	17/2	858.1(1.4)	1677(91)	[37]
35919.52	15/2	854.6(0.6)	866(20)	[37]
36152.56	17/2	827.5(0.6)	855(57)	[37]
36229.59	19/2	880.3(1.2)	733(70)	[37]
36888.64	19/2	925.9(0.4)	1737(85)	[37]
36997.50	19/2	1137.5(1.2)	1704(51)	[37]
37150.34	15/2	1309.0(1.1)	576(24)	[37]
37226.97	11/2	962.4(1.5)	313(62)	[37]
37619.29	19/2	1287.8(1.3)	-1268(91)	[37]
37623.09	15/2	720.5(50)	919(20)	[26]
37652.23	17/2	977.5(1.4)	457(75)	[37]
37709.99	21/2	1170.9(1.7)	-1426(83)	[37]
37717.23	15/2	881.6(2.5)	1659(49)	[37]
37762.26	17/2	1304.0(2.5)	-669(104)	[37]
37971.23	17/2	1192.5(1.2)	-44(45)	[37]
38035.35	19/2	870.6(0.3)	2071(15)	[37]
38078.98	21/2	639.0(0.1)	1782(36)	[37]
38250.32	11/2	651.8(1.9)	-122(30)	[37]
38345.80	15/2	523.4(2.1)	471(102)	[37]
38405.86	17/2	330.0(0.3)	-823(39)	[37]
38601.75	15/2	579.4(0.4)	973(35)	[37]
38768.08	17/2	928.6(0.7)	2705(11)	[37]
39223.17	17/2	899.8(1.7)	1309(72)	[37]
39293.04	15/2	809.3(0.2)	1144(83)	[37]
39345.04	11/2	859.3(0.8)	1138(49)	[37]
41704.35	21/2	649.1(1.1)	663(77)	[37]
41971.91	17/2	847.0(2.0)	752(79)	[37]
42381.97	23/2	592.5(1.5)	1039(95)	[37]

Tablo 2.3: Ho II tek pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm ⁻¹)	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
0.00	8	1574.1(0.5)	-1658(30)	[33]
637.75	7	21.8(0.1)	-1676(9)	[33]
5617.45	7	1809.3(0.9)	-1322(57)	[33]
5849.90	6	81.2(1.5)	-1439(90)	[33]
8850.55	5	60.3(0.9)	-845(54)	[33]
9001.75	6	2028.1(1.2)	-1259(90)	[33]
10838.86	4	-22.8(1.8)	-480(90)	[33]
11204.53	5	2289(4)	-330(150)	[33]
16281.86	6	861.6(0.2)	-570(15)	[33]
16749.20	7	719.8(0.2)	-2395(12)	[33]
17713.86	9	734.8(0.6)	-600(60)	[33]
18259.05	10	580.1(0.9)	-180(90)	[33]
18405.06	8	735.7(0.6)	-2548(60)	[33]
19111.56	9	631.9(0.5)	-1181(57)	[33]
19883.24	5	1062.3(0.5)	-507(27)	[33]
20029.53	8	719.6(0.2)	-1946(21)	[33]
20315.26	6	884.5(0.3)	-2012(27)	[33]
20492.24	7	844.7(0.4)	-2512(30)	[33]
23101.66	8	856.2(1.8)	-300(120)	[33]
23993.16	9	658.3(0.6)	48(51)	[33]
24727.36	8	968.6(0.9)	-2099(90)	[33]
25276.76	7	730.6(1.2)	-2219(90)	[33]

Tablo 2.4: Ho II çift pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm ⁻¹)	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
16451.45	8	479.3(0.4)	501(39)	[33]
17120.18	8	1082.9(1.2)	150(90)	[33]
19592.23	8	782.8(0.4)	1172(33)	[33]
19998.33	8	888.0(0.4)	962(33)	[33]
20126.35	8	1286.7(0.4)	1049(33)	[33]
20128.10	7	500.1(0.6)	369(48)	[33]
21082.17	7	1317.0(0.3)	60(24)	[33]
21688.71	7	696.4(0.1)	747(6)	[33]
22138.30	7	785.8(0.5)	765(42)	[33]
23034.71	7	282.6(0.4)	2464(30)	[33]
23636.68	8	1371.7(0.2)	2243(15)	[33]
24592.94	8	1453.6(0.5)	1817(30)	[33]
24712.16	7	1259.9(0.1)	33(12)	[33]
25481.78	7	926.7(1.5)	300(90)	[33]
26008.15	7	1363.2(0.1)	1835(9)	[33]
26234.36	7	1243.8(0.1)	654(6)	[33]
26331.01	8	933.9(0.3)	-944(27)	[33]
26671.65	7	552.2(0.5)	1265(36)	[33]
27640.04	9	584.6(0.9)	2129(90)	[33]
28416.77	6	1342.2(0.9)	420(60)	[33]
28692.10	6	972.2(0.9)	150(60)	[33]
28830.39	6	461.0(0.5)	-354(27)	[33]
28926.81	9	740.8(0.9)	510(90)	[33]
29074.53	6	1067.7(0.3)	297(21)	[33]
29275.24	8	788.2(0.5)	438(36)	[33]
29325.35	7	741.2(0.3)	-1184(27)	[33]
29412.51	8	793.9(0.2)	-1895(21)	[33]
29588.89	6	821.7(0.3)	138(21)	[33]
29811.11	7	594.5(0.6)	2132(48)	[33]
29899.58	7	718.7(0.3)	-863(21)	[33]
30594.14	6	958.2(0.4)	920(24)	[33]
30602.30	6	928.5(1.2)	-210(90)	[33]
30884.84	7	1007.0(0.6)	-729(54)	[33]
30887.77	5	1320.6(1.2)	270(60)	[33]
31015.11	6	921.9(0.9)	-252(51)	[33]
31048.37	7	1822.1(5.4)	3178(210)	[33]
31098.35	6	969.6(0.3)	-471(24)	[33]
31262.19	8	796.4(0.2)	2278(21)	[33]
31505.38	6	909.9(0.9)	-168(51)	[33]
31556.61	7	1008.2(0.6)	-905(51)	[33]

Tablo 2.4 (devam): Ho II çift pariteli enerji seviyelerinin literatürden bilinen A ve B aşırı ince yapı sabitleri.

Enerji (cm ⁻¹)	J	A (MHz)	B (MHz)	Referans
31668.69	6	922.2(0.9)	192(54)	[33]
32783.88	7	1052.8(0.3)	249(27)	[33]
33769.02	5	463.2(1.5)	60(90)	[33]
33882.80	6	872.1(1.8)	-360(120)	[33]
33957.46	5	1185.4(1.5)	-2069(90)	[33]
34084.35	5	994.1(1.2)	-210(60)	[33]
34099.12	6	426.3(1.5)	-630(90)	[33]
34469.70	5	1030.1(1.5)	-1709(90)	[33]
34653.90	5	1270.8(1.2)	210(90)	[33]
34727.22	5	1115.5(1.5)	-120(90)	[33]
34770.71	6	1367.7(0.9)	-1124(57)	[33]
34779.42	7	956.3(1.2)	-1109(90)	[33]
34803.45	8	828.3(0.6)	585(48)	[33]
34806.98	5	1210.3(1.2)	120(90)	[33]
34929.13	6	1070.6(1.2)	-959(60)	[33]
35067.62	6	993.5(1.2)	-1499(90)	[33]
35090.28	5	1040.6(1.2)	-360(60)	[33]
35559.44	8	731(2)	-1499(180)	[33]
36055.96	4	1039(4)	869(150)	[33]
36481.73	5	931.8(1.8)	-90(90)	[33]
36600.42	5	1518.8(2.1)	-780(120)	[33]
36729.95	7	434.4(1.2)	-1199(90)	[33]
36859.23	5	1099.6(2.1)	-180(120)	[33]
36884.29	4	1192(2)	-300(120)	[33]
37499.17	5	1080.8(2.1)	-1559(120)	[33]
38334.46	6	1140.4(2.1)	1229(120)	[33]
38363.58	9	946.5(1.5)	-929(120)	[33]
38477.41	5	1063(4)	630(210)	[33]
38933.21	7	965.6(2.1)	-1079(180)	[33]
39772.59	8	987(2)	-510(180)	[33]
40310.46	4	1733(5)	300(210)	[33]
40333.02	5	1027(4)	-869(180)	[33]
43247.21	7	1244(5)	600(360)	[33]
43416.04	8	599(4)	2338(360)	[33]
43755.73	7	968.9(1.8)	-750(120)	[33]
44273.62	8	952(3)	1379(240)	[33]
44548.11	5	576(9)	-1349(60)	[33]
44997.57	8	935(3)	270(270)	[33]

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle, atomun genel enerji yapısından bahsedilecektir. Daha sonra, holmiyum elementinin temel özelliklerinden bahsedilecek ve spektrumun analizi için izlenen süreç anlatılacaktır. Bu sürecin ilk aşamasında, holmiyum spektrumunun kaydedilmesinde kullanılan deneysel yöntem, daha sonra deneysel spektrumun analizi için kullanılan analiz programları ve süreci açıklanacaktır.

3.1. ATOMUN YAPISI

Bir atomik sistemin E enerji özdeğerleri zamandan bağımsız Schrödinger denklemi kullanılarak bulunabilir:

$$H\Psi(r_1, r_2, \dots, r_i) = E\Psi(r_1, r_2, \dots, r_i) \quad (3.1)$$

Burada Ψ , özfonksiyon ya da dalga fonksiyonu olarak adlandırılır ve olasılık genliği olarak yorumlanır. r_i , i . elektronun konumunu belirtir. H , Hamiltonian enerji operatörüdür ve sistemin toplam enerjisini temsil eder. Schrödinger denklemi, elektronlar arasındaki etkileşimlerin küresel simetrik olmaması nedeniyle çok elektronlu sistemler için tam olarak çözülemez. Denklemin çok elektronlu sistemlerdeki çözümü bazı yaklaşıklıklar kullanılarak yapılır.

Bağımsız parçacık yaklaşıklığında, her bir elektronun diğer elektronların hareketinden bağımsız ve çekirdekle diğer tüm elektronların oluşturduğu küresel simetrik bir $V(r_i)$ potansiyelinde hareket ettiği kabul edilir. Bu yaklaşıklık ile Schrödinger denklemi her bir elektron için ayrı ayrı oluşturulan bağımsız denklem sistemlerine ayrılabilir. $V(r_i)$ potansiyeli, sadece r 'ye bağlı olduğundan merkezi olduğu kabul edilir. Bu yaklaşıklığa merkezi alan yaklaşıklığı denir. Bu yaklaşıklık ile, problem tek elektron problemine indirgenir.

Bu tek elektron dalga fonksiyonları açısıl ve radyal kısımlara ayrılır. Schrödinger denklemi çözülerek elektronların kuantum sayıları ile tanımlanmış dalga fonksiyonları ve enerji özdeğerleri elde edilir. Bir sonraki bölümün amacı, bu denklemin nasıl çözüleceğini

göstermek değildir, ama atomun enerji yapısını belirlemesi sebebi ile atomik bir sistemdeki Hamiltonian operatörüne katkıda bulunan sürecin araştırılmasıdır.

Schrödinger denkleminde Ψ , elektron dalga fonksiyonlarının çarpımına ayrılabilir veya eşitlik (3.2) ile verilen Slater determinantı ile yazılabilir.

$$= \frac{1}{N!} |\psi(q_i)| \quad (3.2)$$

Dalga fonksiyonu radyal, açısal ve spine ait üç kısımdan oluşur. Bu yaklaşımda, baş kuantum sayısı n_i ve yörüngesel açısal momentum sayısı ℓ_i her elektron için ayrı ayrı tanımlanarak toplam dalga fonksiyonu yazılır. Enerji n ve ℓ kuantum sayılarının değerlerine bağlıdır. Böylece toplam enerji, tek-elektron enerjilerinin toplamı olur. Küçük n veya ℓ değerine sahip elektronların çekirdeğe yakın olma ihtimali daha yüksektir ve böylece atoma daha sıkı bağlıdırlar ve enerjileri daha küçüktür.

Atomik bir sistemde, elektronların enerji seviyeleri n, ℓ, m_ℓ, m_s kuantum sayılarının bir seti ile tanımlanır. n : baş kuantum sayısı, ℓ : yörünge açısal momentum kuantum sayısı, m_ℓ : yörünge manyetik açısal momentum kuantum sayısı ve s ; spin kuantum sayısına bağlı olarak m_s : spin manyetik açısal momentum kuantum sayısıdır. Her ℓ durumu için $m_\ell, 2\ell + 1$ mümkün değer alabilirken, m_s kuantum sayısının 2 mümkün değeri vardır ($\pm 1/2$). Pauli dışarlama ilkesine göre, bir atomdaki elektron enerji durumlarını tanımlayan kuantum sayılarının tümü herhangi iki elektron için aynı olamaz. Alt kabuktaki bir elektron için $n\ell, 2(2\ell+1)$ kere dejeneredir. Elektronun durumunu tanımlamak için iki ek kuantum sayısı m_ℓ, m_s kullanılır:

$$m_\ell = -\ell, (-\ell + 1), \dots, (\ell - 1), +\ell \quad (3.3)$$

$$m_s = \pm 1/2 \quad (3.4)$$

Atomda, dış elektronlar arasındaki elektrostatik etkileşim ve her bir dış elektronun yörünge ve spin açısal momentumları arasındaki manyetik etkileşim sebebiyle bir elektron konfigürasyonuna birçok enerji seviyesi denk gelir. Farklı konfigürasyonların her biri $(n_1\ell_1, n_2\ell_2, \dots)$ kuantum sayıları ile tanımlanan farklı enerji değerlerine sahiptir. Manyetik kuantum sayıları olan m_ℓ ve m_s için ise dejenerelik vardır. Farklı $(n_1\ell_1m_{\ell_1}m_{s_1}, n_2\ell_2m_{\ell_2}m_{s_2}, \dots)$ kuantum sayıları ile tanımlanan farklı durumlar, aynı $E_{n_1\ell_1, n_2\ell_2}$ enerjisine karşılık gelir [43-45].

3.1.1. Tek-Elektronlu Sistemler

Hidrojen ve hidrojen-benzeri sistemlerde, tek bir elektron Ze yüklü çekirdiğin etrafında bir r mesafesinde hareket etmektedir. Bu sistemin Hamiltonian ifadesi şu şekildedir:

$$H_0 = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (3.5)$$

Enerji özdeğerleri Schrödinger denkleminin çözülmesiyle bulunur:

$$H\psi = E\psi \quad (3.6)$$

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right] \psi = E\psi \quad (3.7)$$

Burada, e elektronun yükü, m elektronun kütlesi, r ; yörünge yarıçapı, ∇^2 ; Laplace operatörü ve h ; Planck sabiti olmak üzere $\hbar = h/2\pi$ ile tanımlanır. Enerji özdeğerleri, yalnızca n baş kuantum sayısına bağlıdır ve ℓ yörüngesel açısal momentum kuantum sayısından ve onun izdüşümü m_l kuantum sayısından bağımsızdır.

$$E_n = -hcR_y \frac{Z^2}{n^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (3.8)$$

$$R_y = \frac{me^4}{4\pi(4\pi\epsilon_0)^2 c \hbar^3} \quad (3.9)$$

Bununla beraber l değeri dalga fonksiyonlarını özelleştirir ve enerji durumları,

$$\begin{array}{cccccccc} l & = & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & \dots \\ & & s & p & d & f & g & h & i & \dots \end{array} \quad (3.10)$$

şeklinde karakterize olur [46].

3.1.2. Manyetik Etkileşimler

Çok elektronlu atomların spektrumlarından tek çizgi olarak düşünülen çizgilerin aslında tek olmadığı görülmüştür. Bu durum, elektron dönme hareketi hesaba katıldığında, elektronların spini ve yörünge momentleri ile iç manyetik alan arasındaki etkileşim sonucu atomun enerji düzeylerinde ince yapı adı verilen bir yarıllama meydana geldiğini gösterir. Elektron L yörünge

açısall momentumu ile birlikte açığa çıkan bir μ_L manyetik momente ve S spin açısall momentum ile birlikte bir μ_S manyetik momente sahiptir [46].

Presesyon Hareketi

Bir yörüngede hareket eden bir elektron dairesel bir elektrik akımına eşdeğer bir akım oluşturur. Elektron, sahip olduğu bu dairesel elektrik akımı sebebiyle bir manyetik dipol moment meydana gelir. Şekil 3.1’de, açısall momentum vektörü $\mathbf{L}$, yörüngesel manyetik moment μ_L ile etkileşerek bir manyetik alana sebep olur. Bu durumu izah etmek için q yüküne sahip iki kutup düşünebiliriz. Bu durumda momentum ,

$$|\mathbf{M}| = qB \frac{d}{2} \sin \theta + qB \frac{d}{2} \sin \theta = qBd \sin \theta \quad (3.11)$$

$$\mathbf{M} = \mu_L \times \mathbf{B} \quad (3.12)$$

olarak bulunur ve manyetik moment μ_L ise,

$$|\mu_L| = qd \quad (3.13)$$

$$\mu_L = -g_\ell \mu_B \frac{\mathbf{L}}{\hbar} \quad (3.14)$$

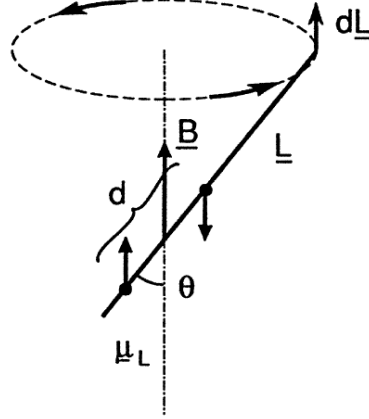
İle tanımlanır. $\mu_B = e\hbar/2m_e$, Bohr manyetonudur. Bohr manyetonu ve manyetik moment aynı boyuttur. g_ℓ : *Yörünge Landé g* katsayısı olup boyutsuzdur.

Böylece hareket kanunu,

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \mathbf{M} = -g_\ell \mu_B \mathbf{L} \times \mathbf{B} \quad (3.15)$$

$$d\mathbf{L} = -(g_\ell \mu_B \mathbf{L} \times \mathbf{B})dt \quad (3.16)$$

$\mathbf{L}$ vektörünün izdüşümü $\mathbf{L}$ ve $\mathbf{B}$ vektörlerine dik olarak değişir. $\mathbf{L}$ vektörü, $\omega = g_\ell \mu_B B$ açısall frekansı ile presesyon hareketi yapar.



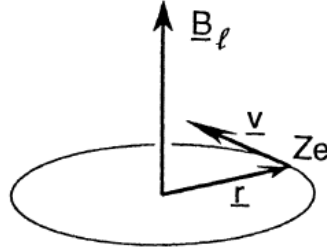
Şekil 3.1: Manyetik alan içinde açısal momentum vektörünün presesyonu ve manyetik moment [46].

Spin-Yörünge Etkileşimi

Elektronun bir spin açısal momentumu ve ilişkili bir μ_s spin manyetik momenti vardır:

$$\mu_s = -g_s \mu_B \frac{S}{\hbar} \quad (3.17)$$

Şekil 3.2’de, elektron, elektrik alan içerisinde hareket eder ve $\mathbf{l}$ açısal momentumu ile orantılı olan bir $\mathbf{B}_l$ manyetik alanına bağlıdır.



Şekil 3.2: Yörünge hareketi ile ilişkili manyetik alan [46].

Elektronun alan içindeki yönelimsel enerjisi E_{nl} şu şekilde tanımlanır:

$$E_{nl} = -\mu_s \cdot \mathbf{B}_l = \zeta \mathbf{s} \cdot \mathbf{l} \quad (3.18)$$

ζ orantı sabiti, ince yapı sabiti olarak adlandırılır. $\mathbf{l}$ ve $\mathbf{s}$ eşleşerek ortak sonuçları olan $\mathbf{j}$ etrafında iç alanın kuvveti ile orantılı olan bir frekans ile presesyon yaparlar:

$$\mathbf{j} = \mathbf{l} + \mathbf{s} \quad (3.19)$$

Cosinus teoremi yardımıyla,

$$\mathbf{j}^2 = (\mathbf{l} + \mathbf{s})^2 = \mathbf{l}^2 + \mathbf{s}^2 + 2\mathbf{l} \cdot \mathbf{s} \quad (3.20)$$

ifadesi elde edilir ve enerji,

$$E_{nl} = \frac{\zeta}{2} [j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)] \quad (3.21)$$

halini alır. enerji seviyelerindeki bu yarıma ince yapı yarılmaları olarak adlandırılır ve iki komşu j kuantum seviyesi arasındaki enerji farkı,

$$\Delta E_{nl(j,j-1)} = E_j - E_{j-1} = \frac{\zeta}{2} [J(J+1) - J(J-1)] = \zeta J = \zeta \left(l + \frac{1}{2} \right) \quad (3.22)$$

olarak bulunur.

Elektronun $\mathbf{l}$ yörüngesel açısal momentumu, $\mathbf{s}$ spin açısal momentumu ve $\mathbf{j}$ toplam açısal momentumunun büyüklükleri,

$$|\mathbf{l}| = \sqrt{\ell(\ell+1)}\hbar \quad (3.23)$$

$$|\mathbf{s}| = \sqrt{s(s+1)}\hbar \quad (3.24)$$

$$|\mathbf{j}| = \sqrt{j(j+1)}\hbar \quad (3.25)$$

ifadeleri ile tanımlanır ve kuantum sayıları kendilerini tanımlayan vektörlerin boylarına karşılık gelir. Burada, ℓ ; yörünge açısal momentum, s ; spin açısal momentum ve j ; toplam açısal momentum kuantum sayılarıdır.

Her bir elektronun toplam açısal momentum vektörü $\vec{J}$ ve dipol momenti $\vec{\mu}_J$ arasında,

$$\vec{\mu}_J = -g_J \mu_B \frac{\vec{J}}{\hbar} \quad (3.26)$$

şeklinde bir bağlantı vardır. Burada, g_J , toplam Landé g katsayısı,

$$g_J = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)} \quad (3.27)$$

formülü ile herbir seviye için bulunabilir [46-48].

3.1.3. Çok Elektronlu Sistemler

i elektrona sahip çok elektronlu bir sistemin yapısını hesaplamak açık bir şekilde çok daha zordur. Bunun için Hamiltonian ifadesi,

$$H = \sum_{i=1}^N \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla_i^2 - \frac{Ze^2}{(4\pi\epsilon_0)r_i} \right) + \sum_{j>i=1}^N \frac{e^2}{(4\pi\epsilon_0)r_{ij}} + \sum_{i=1}^N \zeta_i(r_i) \vec{s}_i \cdot \vec{\ell}_i \quad (3.28)$$

şeklinde yazılır. Burada, $\hbar$: Planck sabiti, m elektronun kütlesi ve r_{ij} : iki elektron arası uzaklık olmak üzere,

$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla_i^2 \right)$: Elektronların kinetik enerjisi terimi,

$\left(-\frac{Ze^2}{(4\pi\epsilon_0)r_i} \right)$: Çekirdek ile herbir elektron arasındaki Coulomb etkileşim terimi,

$\frac{e^2}{(4\pi\epsilon_0)r_{ij}}$: Elektronlar arasındaki Coulomb etkileşim terimi ve

$\sum_{i=1}^N \zeta_i(r_i) \vec{s}_i \cdot \vec{\ell}_i$: Spin-yörünge etkileşim terimidir.

Herbir elektronun diğer elektronlardan bağımsız olarak çekirdek ve diğer elektronların oluşturduğu ortalama bir alan içerisinde hareket ettiği yaklaşımını yapmaktayız (bağımsız parçacık modeli). Merkezi alan yaklaşıklığı olarak adlandırılan bu modelde elektronun sadece r 'ye bağlı merkezi bir alan içinde hareket ettiğini kabul ediyoruz. Merkezi alan yaklaşıklığı ile Pauli dışarlama prensibi atomun kabuk yapısını tanımlar ve ağır atomlar için enerjinin minimize edilmesi prensibine dayanır. Tüm bu prensiplerin sonucu atomun elektronik konfigürasyonu ile tanımlanır.

Atomdaki alanlar gerçekte merkezi değildir. Elektronlar arası elektrostatik itme merkezi olmayan pertürbasyon kısmını oluşturur. Merkezi olmayan elektrostatik kısım spin-yörünge etkileşiminden daha baskın ise ilk yaklaşımda spin-yörünge etkileşimi ihmal edilir.

Dış elektronlar arasındaki karşılıklı etkileşim, her bir elektron için spin ve yörüngesel momentlerinin etkileşiminden büyük olduğunda LS kuplaj gözlenir. Her bir açısal momentum arasındaki etkileşim,

$$= \sum_i l_i \quad (3.29)$$

$$\mathbf{S} = \sum_i \mathbf{s}_i \quad (3.30)$$

şeklinde vektörel olarak toplanarak toplam spin ve yörüngesel açısal momentum elde edilir. Dış elektronların toplam spin ve yörüngesel momentumları vektörel olarak toplanarak,

$$\mathbf{J} = \mathbf{L} + \mathbf{S} \quad (3.31)$$

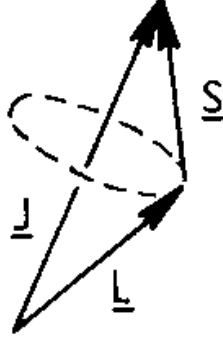
dış elektronların toplam açısal momentum vektörü elde edilir. Bir durumun L ve S kuantum sayılarının mümkün değerlerinin hesaplanması için elektrostatik ayrışma terimleri bulunur. LS kuplajı olarak adlandırılan bu terim hesabı,

$$\begin{array}{l} L = 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \dots \\ X = S \ P \ D \ F \ G \ H \ I \dots \end{array} \quad (3.32)$$

olmak üzere,

$$^{2S+1}X_J \quad (3.33)$$

şeklinde yapılır. Burada, $2S + 1$, çokluk terimi olarak adlandırılır. Bir atomun elektron konfigürasyonu ile terim sembolünün kombinasyonu atomun enerji özdeğerlerini tanımlar. Dış kabukta, iki elektrondan daha fazla sayıda elektron bulunan atomlar için, Pauli prensibi mümkün durumların sayısının azalmasına neden olur.



Şekil 3.3: L ve S vektörlerinin J etrafındaki presesyon hareketi [46].

Manyetik alanlar ve manyetik momentler $\mathbf{L}$ ve $\mathbf{S}$ vektörleri ile ilişkili olduğundan, hem $\mathbf{L}$ vektörü, $\mathbf{J}$ vektörü etrafında, hem de $\mathbf{S}$ vektörü, $\mathbf{J}$ vektörü etrafında presesyon yapar. Bu vektörlerin hareketi sonucu ortaya çıkan $\mathbf{J}$ vektörü etrafındaki toplam presesyon Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Toplam açısal momentum kuantum sayısının alabileceği değerler,

$$J = L + S, L + S - 1, \dots, |L - S| \quad (3.34)$$

ile tanımlanır. J kuantum sayısı, $L < S$ olduğu durumda $(2L + 1)$ sayıda, $L > S$ olduğunda ise $(2S + 1)$ sayıda değer alır. Her bir J değeri, $\mathbf{L}$ ve $\mathbf{S}$ vektörlerinin mümkün yönelimleri ile karakterize olan bir enerji seviyesine karşılık gelir.

Dış elektronların toplam spin ve yörünge açısal momentlerinin karşılıklı etkileşimleri sonucu, her bir terim, toplam J kuantum sayısı ile tanımlanan alt terimlere ayrılır. Bu alt terimler multipler olarak adlandırılır. Alt terimlerin enerjisi,”

$$E_{LS} = \frac{\xi(L, S)}{2} [J(J + 1) - L(L + 1) - S(S + 1)] \quad (3.35)$$

şeklinde tanımlanır. İki komşu seviye arasındaki enerji farkı,

$$\Delta E_{LS(J, J-1)} = \xi(L, S) J \quad (3.36)$$

Landé aralık kuralı ile bulunur.

Atomun dış elektronlarının spin ve yörüngesel momentleri arasındaki karşılıklı etkileşim, bu elektronlar arasındaki elektrostatik karşılıklı etkileşimden büyük olduğunda, momentler jj

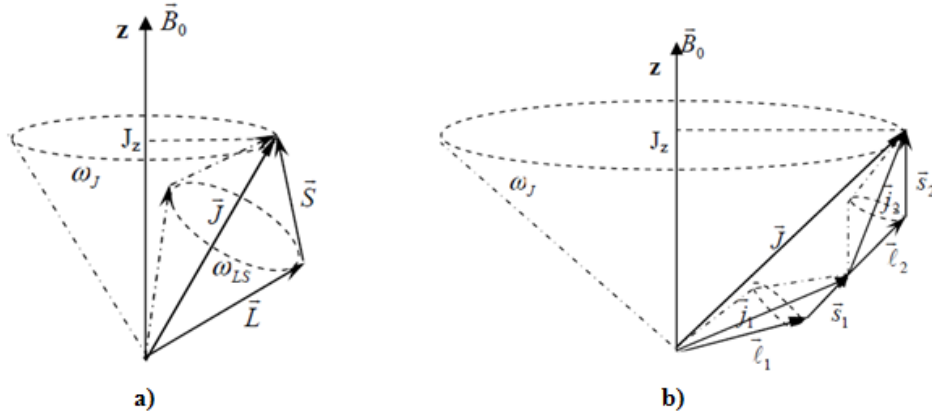
kuplajı dikkate alınarak toplanır. Spin ve yörünge açısal momentum vektörleri arasındaki etkileşim,

$$\mathbf{j} = \mathbf{l} + \mathbf{s} \quad (3.37)$$

toplanarak her bir elektronun toplam açısal momentumu elde edilir. Her bir elektron için toplam açısal momentum vektörü elde edildikten sonra elektronların ait olduğu multipletin,

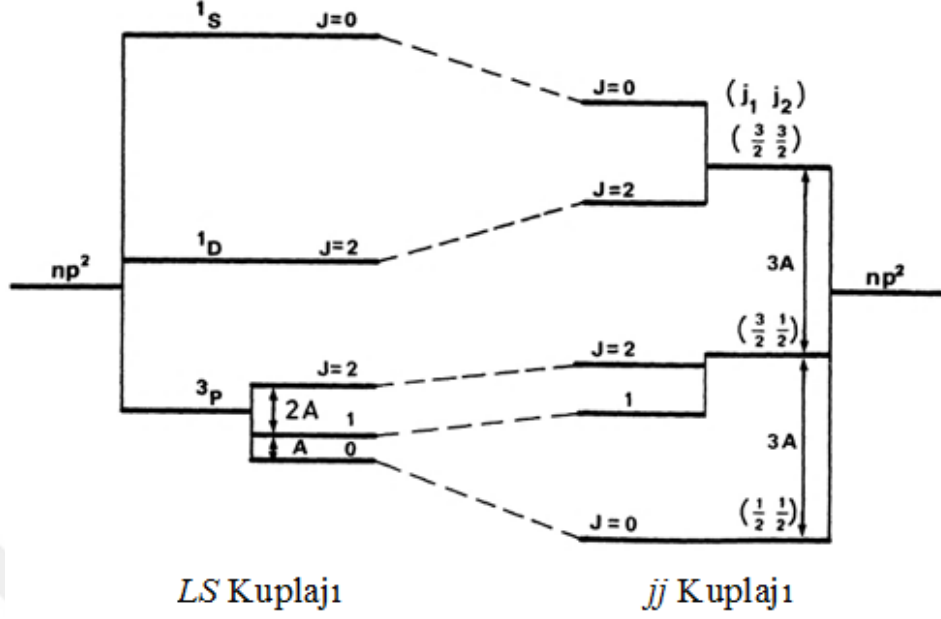
$$\mathbf{J} = \sum_i \mathbf{j}_i \quad (3.38)$$

toplam açısal momentum vektörü elde edilir [47]. Şekil 3.4'te, iki elektronlu bir sistemin sırasıyla LS kuplajına ve jj kuplajına göre vektörel diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.4: İki elektronlu bir atomun sırasıyla LS kuplajına ve jj kuplajına göre vektörel diyagramı [49].

Şekil 3.5 (a)'da, iki eşit kuantum durumundaki p elektronları için LS kuplajı gösterilmiştir. (b)'de ise iki eşit kuantum durumundaki p elektronları için jj kuplajı gösterilmektedir. Hafif elementlerin dış kabuklarında genel olarak LS kuplajı gözlenirken, ağır atomların iç kabukları tarafından jj kuplajı sergilenir. Genel olarak, durum tarif edilen iki durumun bir birleşimidir. Bu tez çalışmasının konusu olmamakla birlikte spektroskopik yöntemler kullanılarak verilen bir konfigürasyonun enerji seviyelerinin pozisyonlarının deneysel olarak belirlenmesiyle, kuplaj durumları araştırılabilir [46,47].



Şekil 3.5: p-orbitalindeki iki elektronun enerji terimlerindeki yarılmalar [46].

3.1.4. Enerji Geçişleri

Uyarılmış haldeki bir atom belirli bir seviyeden (E_u) bir alt seviyeye (E_l) geçerken, iki enerji seviyesi arasındaki ΔE farkına bağlı olarak ν frekansına sahip bir foton yayımlanır. Bu geçişin enerjisi, Bohr frekans şartı ile verilir:

$$\Delta E = E_u - E_l = h\nu \quad (3.39)$$

Burada h Planck sabitidir. Bu çalışmada ν frekansı yerine σ dalga sayısı terimi kullanılacaktır. c ışık hızı, λ_{vakum} vakumdaki dalga boyu olmak üzere, frekans ve dalga sayısı arasındaki dönüşüm,

$$\sigma = \frac{\nu}{c} = \frac{1}{\lambda_{vakum}} \quad (3.40)$$

ile verilir. Bir seviyenin enerjisi cm^{-1} cinsinden verilirse, dalgasayısı

$$\sigma = |E_l - E_u| \quad (3.41)$$

olarak tanımlanır. Burada l ve u harfleri sırasıyla alt ve üst seviyelerini temsil etmektedir. Denklem (3.8)'e göre, tüm atomların enerji seviyelerinin sıralanışı kendine özgüdür. Bu

özellik yıldız spektrumlarının analizinde, bir yıldızın kimyasal bileşimindeki elementlerin belirlenmesi sırasında astronomlara büyük avantaj sağlar [5,50].

Seçim Kuralları

Seçim kuralları bir elektronik dipol geçiş sırasında kuantum sayılarının değişimine bağlı olarak tanımlanır. İlk seçim kuralı toplam açısal momentum kuantum sayısının korunumundan elde edilir. Toplam açısal momentum kuantum sayısı $l = \sum l_i$ şeklinde tanımlanır ve tek veya çift sayıda değerler alabilir. Dalga fonksiyonu, $P = (-1)^l$ parite formülüne bağlı olarak tek veya çift pariteli olabilir. Emisyon sırasında, bir fotonun her zaman bir parite değişimi taşıdığını göz önünde bulundurursak, ince yapı seviyeleri arasındaki optik geçişlerde, Çift pariteye sahip enerji seviyelerinden tek pariteli enerji seviyelerine ve benzer şekilde tek pariteli enerji seviyelerinden çift pariteli enerji seviyelerine geçişler izinlidir [50]. Elektronun toplam açısal momentum kuantum sayısı J için seçim kuralı şu şekildedir:

$$\Delta J = 0, \pm 1, \quad (J = 0 \rightarrow 0) \quad (3.42)$$

3.2. AŞIRI İNCE YAPI

Optik spektrumlarda aşırı ince yapı, 19.yüzyılda, A. Michelson, Ch. Fabry ve A. Pérot tarafından birbirlerinden bağımsız olarak keşfedilmiştir. Bu etki, elektronik kabuk ile etkileşime giren nükleer manyetik ve elektriksel momentlerin varlığı ile açıklanmaktadır.

Atomun içindeki nükleer etkileşimler ince yapı seviyelerinin aşırı ince yapı seviyelerine yarılmaya sebep olur. Buna sebep olan süreç elektrik ve manyetik etkileşimler olmak üzere iki kısma ayrılabilir. İlki, çekirdeğin net nükleer spininden kaynaklanan manyetik moment ile elektronun spin ve yörünge hareketinden kaynaklanan manyetik alan arasındaki etkileşim. İkincisi ise, küresel simetrik olmayan çekirdeğin elektrik kuadropol momentleri ile elektronun spin ve yörünge hareketi sonucu meydana gelen elektrik alan arasındaki etkileşim. Bu iki etkileşim, denklem (3.43)'te gösterildiği üzere Hamiltonian'e ek bir enerji terimi getirir.

$$H = \left[\sum_{i=1}^N -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla_i^2 - \sum_{i=1}^N \frac{Ze^2}{(4\pi\epsilon_0)r_i} + \sum_{i>j=1}^N \frac{e^2}{(4\pi\epsilon_0)r_{ij}} \right] + \sum_{i=1}^N \xi(r_i) \vec{s}_i \cdot \vec{\ell}_i + \sum_{i=1}^N \alpha \vec{\mu}_i \vec{\mu}_j \quad (3.43)$$

$\sum_{i=1}^N \alpha \mu_i \mu_j$: aşırı ince yapı etkileşme terimi.

3.2.1. Manyetik Dipol Moment

Atom çekirdeği, I çekirdek spini olarak da tanımlanan bir spin açısall momentumuma sahiptir:

$$|\vec{I}| = \sqrt{I(I+1)}\hbar \quad (3.44)$$

Kütle numarası çift sayıda olan çekirdekler için I tam değerler alırken, kütle numarası tek olan çekirdekler için yarım katı değerler alır. Çekirdeğin, I açısall momentum kuantum sayısı sıfırdan büyük ise, ince yapı seviyeleri, aşırı ince yapı seviyelerine ayrışır. Çekirdeğin yüklü bir parçacık olması sebebiyle çekirdek spini bir nükleer manyetik momente sebep olur. Bu nükleer manyetik moment,

$$\mu_I = I \frac{\mu_N}{\hbar} \quad (3.45)$$

formülü ile tanımlanır. Burada, μ_I , çekirdeğin manyetik momentinin vektörel ifadesi ve μ_N , nükleer manyetik momentinin büyüklüğüdür ve her izotop için karakteristik bir sabittir.

$\vec{H}$, manyetik alan vektörünü ve $\bar{H}$ ise manyetik alanın büyüklüğünü ifade etmek üzere, elektronların çekirdek üzerinde oluşturduğu manyetik alan,

$$\vec{H} = J \frac{\vec{H}}{J\hbar} \quad (3.46)$$

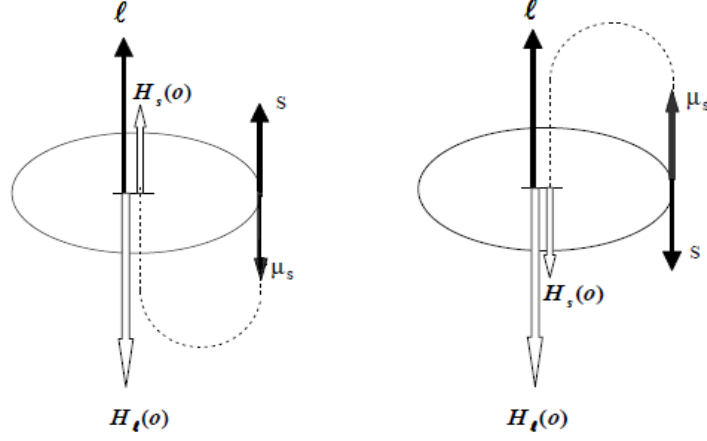
ile tanımlanır. Manyetik alan ve manyetik moment arasındaki etkileşim, çekirdek ve elektronlar arasında, elektron spin-yörünge etkileşimine benzer bir tork oluşmasına sebep olur. Bu tork ince yapı enerji seviyelerinin aşırı ince yapı seviyelerine ayrışmasına neden olur. Bu ayrışan seviyelerin manyetik potansiyel enerjileri, manyetik alan ile manyetik momentin skaler çarpımı olarak ifade edilir: Elektron spin ve yörünge hareketi sonucu meydana gelen manyetik alan ve nükleer manyetik moment arasındaki etkileşim,

$$E_{man.-pot.} = -\mu_I \cdot \vec{H} = -\frac{\mu_N \bar{H}}{I\hbar^2} \vec{I} \cdot \vec{J} \quad (3.47)$$

formülü ile bulunur.

Elektronun yörünge hareketi, yörünge açısall momentum L vektörünü; spin hareketi ise spin açısall momentum S vektörünü doğurur. Elektron yükünün negatif işareti sebebiyle L ,

çekirdekte üretilen $H_I(0)$ manyetik alanına zıt doğrultuda yönelir. Elektronun spin manyetik momentini μ_s , S ve L vektörlerinin paralel veya antiparalel olmalarına bağlı olarak çekirdekteki manyetik alanı artırır veya azaltır.



Şekil 3.6: Elektronun spin ve yörünge hareketinin oluşturduğu nükleer manyetik alan [51].

Elektronun yörünge hareketi, çekirdekteki manyetik alana, spin manyetik momentinden daha büyük bir katkıda bulunur. L ve S sonucunda J vektörünün oluştuğunu göz önünde bulundurursak, $\bar{H}$ ve J antiparaleldirler. $\bar{H}$ ve μ_s ise aynı doğrultudadırlar. Şekil 3.6'da görülen bu modelde, elektronun neredeyse çekirdekte olduğu varsayımı yapılmaktadır [51].

Çekirdekteki nükleer momentin pozitif bir yük (protonlar) tarafından oluşturulduğunu düşünersek μ_I ve I paraleldirler.

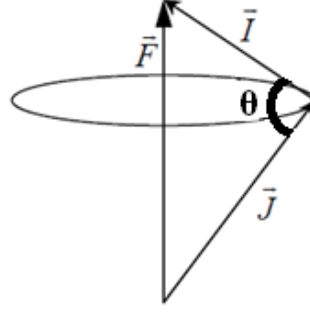
Her bir aşırı ince yapı seviyesi, F toplam açısal momentum kuantum sayısına bağlı kuantizedir. F toplam açısal momentum kuantum sayısı, I nükleer açısal momentumu ile J elektronun toplam açısal momentumlarının vektörel toplamı ile bulunur:

$$= I + J \quad (3.48)$$

F kuantum sayısının alabileceği değerler,

$$F = I + J, I + J - 1, \dots, |I - J| \quad (3.49)$$

Böylece, I ve J arasındaki skaler çarpım, $I \cdot J = \frac{1}{2}(F^2 - I^2 - J^2)$ olarak bulunur.



Şekil 3.7: θ , $\vec{I}$ ve $\vec{J}$ arasındaki açı. $\vec{F}$ ise toplam açısal momentum vektörüdür[51].

F^2 , I^2 ve J^2 kuantum mekaniksel olarak,

$$\vec{I} \cdot \vec{J} = I J \cos(\theta) = \frac{F^2 - I^2 - J^2}{2} \quad (3.50)$$

$$F^2 \rightarrow F(F + 1), \quad I^2 \rightarrow I(I + 1), \quad J^2 \rightarrow J(J + 1) \quad (3.51)$$

şeklinde tanımlanır.

Operatörlerin yerine temsil ettikleri özdeğerleri yerine koyarsak manyetik potansiyel enerjisi,

$$E_{man.-pot.} = \frac{A}{2} [F(F + 1) - I(I + 1) - J(J + 1)] = A \frac{C}{2} \quad (3.52)$$

halini alır. Burada A , manyetik dipol moment aşırı ince yapı sabiti olup,

$$A = -\frac{\mu_N \bar{H}}{2IJ} \quad (3.53)$$

olarak ifade edilir. $C = F(F + 1) - I(I + 1) - J(J + 1)$ Casimir sabitidir.

A değeri, denklem (3.53)'ten anlaşıldığı üzere, farklı seviyeler için farklı değerler alır. Belirli bir izotop ve belirli bir ince yapı seviyesi için $\bar{H}$ dışındaki tüm terimlerin sabit olması sebebiyle, A aşırı ince yapı sabiti $\bar{H}$ değerine bağlı olarak değişir. Elektronların çekirdekte oluşturdukları manyetik alan arttıkça, A değeri ve etkileşimin enerjisi de artar. En büyük manyetik alan ve A sabiti, çekirdeğe en yakın eşlenmemiş elektronlar tarafından üretilir. Bu nedenle, tek bir s elektronu içeren elektron konfigürasyonuna sahip bir multiplet seviye en büyük A manyetik dipol aşırı ince yapı sabitine sahiptir.

$I = 0$ değerini aldığıında, F ve J kuantum sayıları birbirine eşit olur ve enerji seviyesinde aşırı ince yapı yarılması gözlenmez.

3.2.2. Elektrik Kuadropol Moment

Küresel simetrik olmayan bir çekirdek, bir eQ elektrik kuadropol momente sahiptir. Q temel olarak küresel simetriden sapmayı temsil eder: Eğer $Q > 0$ ise dik elips (oblate) ve eğer $Q < 0$ yatay elips (prolate) şeklindedir. Elektrik kuadropol moment ile yörünge elektronlarının çekirdekte oluşturduğu elektrik alan arasındaki etkileşim,

$$E_{\text{elekt.}-\text{pot.}} = \frac{eQ' \overline{\varphi_{zz}(0)}}{4} \quad (3.54)$$

ile tanımlanır. Burada,

eQ' : elektrik kuadropol momentin elektrik alan yönündeki bileşenidir ve

$\overline{\varphi_{zz}(0)}$: J eksenini etrafında silindirik simetriye sahip olan orbital elektronlarının çekirdekte oluşturduğu elektrik alanın vektör gradyentidir.

Şekil 3.7'de görülen çekirdek spin açısal momentum vektörü $\mathbf{I}$ ile $\mathbf{J}$ elektronun toplam açısal momentum vektörü arasındaki açı sabittir ve θ olarak verilir. Bu durumda elektrik kuadropol etkileşim enerjisi ikinci bir aşırı ince yapı sabitine bağlı olarak ,

$$E_{\text{elekt.}-\text{pot.}} = \frac{B}{4} \left[\frac{3}{2} \cos^2(I, J) - \frac{1}{2} \right] \quad (3.55)$$

şeklinde ifade edilir. Burada B , elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabiti olup,

$$B = eQ \overline{\varphi_{JJ}(0)} \quad (3.56)$$

şeklinde tanımlanır. $C = F(F + 1) - I(I + 1) - J(J + 1)$ Casimir sabitine bağlı olarak enerji ifademiz,

$$E_{\text{elekt.}-\text{pot.}} = \frac{3C(C + 1) - 4IJ(I + 1)(J + 1)}{8IJ(2IJ - 1)(2J - 1)} B \quad (3.57)$$

halini alır.

Kapalı bir kabuk küresel simetrik olması sebebiyle sıfır akım yoğunluğuna sahiptir ve manyetik ve elektrik alanlar oluşturmaz. Çekirdek spininin $I = 0$ ve $1/2$ olduğu durumlarda yük dağılımı küresel simetriktir ve $B = 0$ değerini alır. Elektrik kuadropol etkileşim enerjisinin sıfırdan farklı olabilmesi için çekirdek spininin $1/2$ 'den büyük olması gerekir [51].

3.2.3. Aşırı İnce Yapı Geçişleri ve Seçim Kuralı

Bir aşırı ince yapı seviyesinin enerjisi, nükleer manyetik moment ve elektrik kuadropol moment etkileşimlerinin birleşimi olarak ifade edilir ve denklem (3.52) ile (3.57)'nin toplanmasıyla,

$$E_F = E_J + \frac{A}{2}C + \frac{3C(C+1) - 4IJ(I+1)(J+1)}{8IJ(2IJ-1)(2J-1)}B \quad (3.58)$$

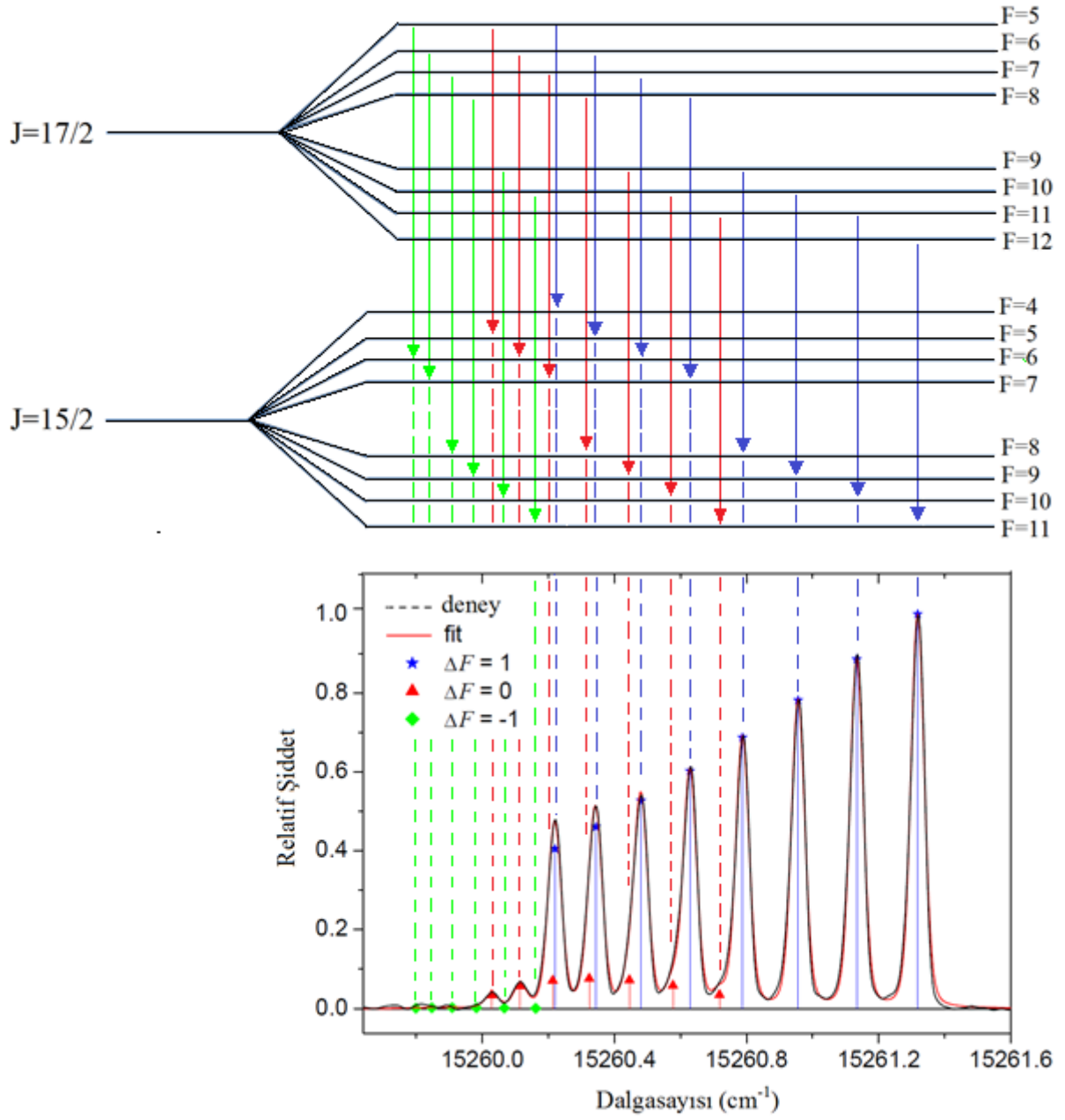
olarak elde edilir. Aşırı ince yapı geçişinin dalgasayısı geçişin gerçekleştiği alt ve üst aşırı ince seviyeleri arasındaki farka eşittir:

$$\sigma_F = |E_{F_l} - E_{F_u}| \quad (3.59)$$

Aşırı ince yapı geçişlerinde seçim kuralı şöyledir:

$$\Delta F = 0, \pm 1, \quad (F = 0 \rightarrow 0) \quad (3.60)$$

Şekil 3.8'de, dalgasayısı $\sigma = 15260.82 \text{ cm}^{-1}$ ile tanımlanan Ho I çizgisinin, $31116.22 \text{ cm}^{-1}(J = 8.5) \rightarrow 15855.28 \text{ cm}^{-1}(J = 7.5)$ aşırı ince yapı geçişi ve sırasıyla geçişin gerçekleştiği $4f^{11}6s7s$ ve $4f^{11}6s6p$ konfigürasyonlarının aşırı ince yapı yarılmaları gösterilmiştir.

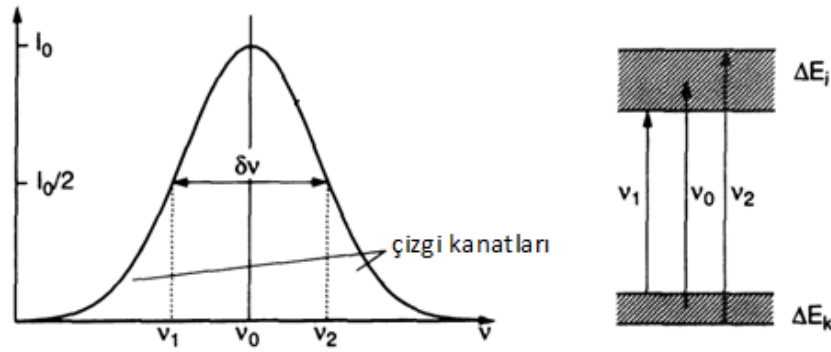


Şekil 3.8: $31116.22 \text{ cm}^{-1} (J = 8.5) \rightarrow 15855.28 \text{ cm}^{-1} (J = 7.5)$ aşırı ince yapı geçişi ve sırasıyla geçişin gerçekleştiği $4f^{d1}6s7s$ ve $4f^{d1}6s6p$ konfigürasyonlarının aşırı ince yapı yarılımları gösterilmiştir. Enerjideki yarılımlar ölçeklendirilmemiştir.

3.3. ÇİZGİ GENİŞLEMELERİ

Gerçek bir geçişteki emisyon ışınımına ait spektral çizgi keskin bir pik şeklinde olmayıp şiddet belli bir frekans aralığında dağılmıştır. Çizgi genişlemesine neden olan iki temel faktör vardır. İlki, spektral geçişin arasında gerçekleştiği enerji seviyeleri sonsuz kesinliğe sahip değildir ve ikincisi, atomlar sabit değildir, dedektöre göre hareketleri söz konusudur.

$\nu_0 = (E_i - E_k)/h$ frekansı civarında soğurulan veya yayımlanan ışığın şiddete bağlı spektral dağılım fonksiyonu bir “çizgi profili” verir ve $I(\nu)$ ile tanımlanır. Çizgi profilinin, $I(\nu_1) = I(\nu_2) = I(\nu_0)/2$ değerlerinde, ν_1 ve ν_2 frekansları arasındaki, $\delta\nu = |\nu_2 - \nu_1|$ frekans dağılımı, *yarı maksimumdaki tam genişlik*-full width at half maximum- (FWHM) veya kısaca çizgi genişliği veya yarı genişlik olarak adlandırılır. Şekil 3.9’da görülen, çizgi genişliğinin dışında kalan bölgeler ($\nu > \nu_1$ ve $\nu < \nu_2$) ise *çizgi kanatları* olarak adlandırılır.



Şekil 3.9: $E_k \rightarrow E_i$ seviyeleri arasında geçişe ait çizgi profili, $\delta\nu$ yarı genişliğine bağlı olarak [52].

Yarı genişliği,

- ν çizgisel frekans ile veya
- $\omega = 2\pi\nu$, $\delta\omega = 2\pi\delta\nu$ açısal frekans ile veya
- $\delta\lambda = -(c/\nu^2)$, $\delta\lambda = |\lambda_2 - \lambda_1|$ ($\lambda = c/\nu$ olmak üzere) dalgaboyu ile

$$\left| \frac{\delta\nu}{\nu} \right| = \left| \frac{\delta\omega}{\omega} \right| = \left| \frac{\delta\lambda}{\lambda} \right| \quad (3.61)$$

şeklinde tanımlayabiliriz. Geçişlerde, uyarılan seviyenin sonlu yaşam ömrü, atomların çarpışmaları, hız dağılımı ve gaz basıncı gibi fiziksel olaylara bağlı olarak spektral çizgilerde Doğal, Doppler, çarpışma veya basınç genişlemeleri gözlenir.

Eğer bir örnekteki tüm atomlar eşit emisyon veya absorpsiyon olasılığına sahip ise homojen çizgi genişlemesi, eğer olasılık tüm atomlar için eşit değilse, bu homojen olmayan çizgi genişlemesine yol açar [53,54].

3.3.1. Doğal Çizgi Genişlemesi ve Lorentz Profili

İki kuantum seviyesi arasındaki geçiş, üst seviyenin sonlu yaşam ömrüne (τ_i) sahip olması sebebiyle bir belirsizliğe sahiptir. Seviyenin yaşam ömrü azaldıkça enerjideki belirsizlik de artar ve bu da geçişin frekansındaki genişlemenin artmasına neden olur. A_i , Einstein katsayısı olmak üzere, çizginin yaşam ömrü ve frekanstaki belirsizlik,

$$t = \tau_i = 1/A_i \quad (3.62)$$

$$\Delta\nu \approx \frac{\Delta E}{h} \approx \frac{1}{2\pi\Delta t} \quad (3.63)$$

formülleri ile verilir. Bu spektral çizginin doğal yarı genişliği olarak adlandırılır. Sonlu bir i seviyesinden başka bir i' seviyesine geçiş sırasında, seviyenin yaşam ömrü ile ters orantılı olan bir sönüm sabiti $\gamma = A_{ii'}$ tanımlanabilir.

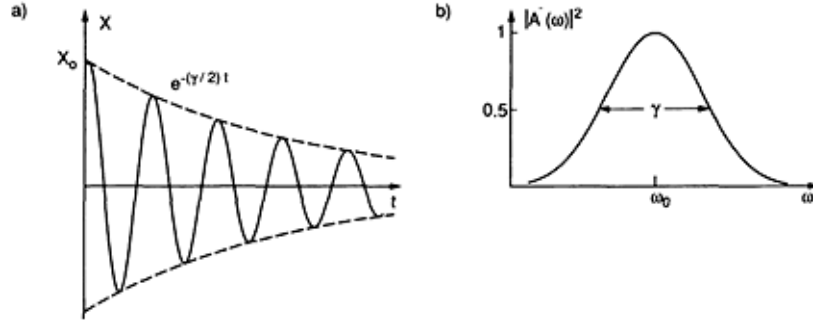
Heisenberg Belirsizlik İlkesi, $\Delta E \cong \hbar\omega \cong \hbar/\tau_i$ şeklinde tanımlanırsa, E_i enerji seviyesinden kendiliğinden emisyon ile E_k temel seviyeye geçiş frekansı $\omega_{ik} = (E_i - E_k)/\hbar$, olmak üzere doğal çizgi genişliği,

$$\delta\omega = \frac{\Delta E_i}{\hbar} = \frac{1}{\tau_i} \quad \text{ya da} \quad \delta\nu_n = \frac{A_i}{2\pi} = (2\pi\tau_i)^{-1} \quad (3.64)$$

olur. Eğer E_k seviyesi temel seviye değil ise, toplam doğal yarı genişliğe üst ve alt seviyelerin ΔE_i ve ΔE_k belirsizliklerinin her ikisi de katkıda bulunur:

$$\Delta E = \Delta E_i + \Delta E_k \rightarrow \delta\omega = \left(\frac{1}{\tau_i} + \frac{1}{\tau_k} \right) \quad (3.65)$$

şeklinde ifade edilir. Atom enerjisi bir anda değil, sönümlü bir titreşim olarak yayımlar. γ sönüm sabiti ve ω frekans olmak üzere, $\gamma \ll \omega$ 'dir.



Şekil 3.10: (a) Titreşimin zamana bağlı sönümü. (b) $A(\omega)$ genlikleri ile orantılı olarak şiddetin frekans dağılımı Fourier dönüşümü ile Lorentz profiline uyar [52].

$x(t)$ titreşim fonsiyonu, $A(\omega)$ genliklerine sahip monokromatik dalgaların süperpozisyonu ile tanımlanır (Şekil 3.10). $x(t)$ ile frekans dağılımı arasındaki Fourier dönüşümüne bağlı olarak şöyle bir ilişki vardır:

$$x(t) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} A(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (3.66)$$

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} x_0 e^{-(\gamma/2)t} \cos(\omega_0 t) e^{-i\omega t} dt \quad (3.67)$$

Şiddet genlik ile orantılıdır ve spektral çizginin şiddet profili için normalize bir şiddet profili tanımlanır:

$$I(\omega) \propto A(\omega) \cdot A^*(\omega) \quad (3.68)$$

$$\int_0^{\infty} I(\omega - \omega_0) d\omega = \int_{-\infty}^{+\infty} I(\omega - \omega_0) d(\omega - \omega_0) = 1 \quad (3.69)$$

$C = I_0 \gamma / 2\pi$ integral sabitidir. Spektral çizginin şiddet dağılımı,

$$L(\omega - \omega_0) = \frac{\frac{\gamma}{2\pi}}{(\omega - \omega_0)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} \quad (3.70)$$

normalize Lorentz profili ile tanımlanır. Lorentz profilinin yarı genişliği,

$$\delta\omega = \gamma \quad ya \quad da \quad \delta\nu = \frac{\gamma}{2\pi} \quad (3.71)$$

ile bulunur. Tüm spektral geçişlerde gözlenen Doğal çizgi genişlemesi, atomların enerji seviyelerinin yaşam ömrüne bağlıdır ve hiçbir yöntemle indirgenemez. Sonlu bir enerji seviyesinden temel seviyeye geçiş için şiddet profili şu şekildedir [52]:

$$I(\omega - \omega_0) = I_0 \frac{\frac{\gamma}{2\pi}}{(\omega - \omega_0)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} = I_0 L(\omega - \omega_0) \quad (3.72)$$

3.3.2. Doppler Çizgi Genişlemesi ve Gauss Profili

Katot lambası içinde uyarılan gaz halindeki atomlar sıcaklığa bağlı olarak rastgele hareket halindedir. Bu sürekli hareket halindeki atomların dedektöre göre hareketi, spektral çizgilerin Doppler genişlemesine neden olur. Doppler genişlemesi profili bir Gaussian profilidir. Doppler kayması, atom hareketlerinin rastgele yönlerde ve büyüklüklerde olması nedeniyle tüm atomlar için aynı değildir.

$\vec{v}(v_x, v_y, v_z)$ hızı ile, dedektöre doğru hareket eden uyarılmış ν_0 frekansındaki bir atomun yayınladığı ışının frekansı,

$$\nu = 1 - \frac{v_x}{c} \nu_0 \quad (3.73)$$

ve dedektörden ters yönde hareket ediyorsa,

$$\nu = 1 + \frac{v_x}{c} \nu_0 \quad (3.74)$$

Doppler kaymış olarak görülür.

T (Kelvin) sıcaklığında termal dengede olan bir atomun, T ; sıcaklık, m ; atomun kütlesi ve k : Boltzmann sabiti olmak üzere, Doppler genişlemesi,

$$\delta\nu_D = \left(\frac{\nu_0}{c}\right) \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (3.75)$$

ile verilir. Doppler genişlemesine sahip çizginin şiddetinin Gauss profili aşağıdaki gibidir:

$$I(\nu) = \frac{1}{\delta\nu_D} e^{-\left(\frac{\nu-\nu_0}{\delta\nu_D}\right)^2} \quad (3.76)$$

Doppler genişlemesi, (3.75) denkleminde de anlaşıldığı üzere, düşük frekanslarda yani yüksek dalgaboylarındaki çizgiler için daha düşüktür. Mor ötesi bölgeden kırmızı altı bölgeye doğru gidildiğinde Doppler genişlemesi azalır. Ayrıca atomların hızının artması da Doppler genişlemesinin artmasına neden olacaktır. Bu sebeple düşük sıcaklıkta, büyük kütleye sahip atomlar için Doppler genişlemesi daha küçük olur. Holmiyum elementinin kütlesinin büyük olmasına rağmen çizgilerde yüksek sıcaklık sebebiyle Doppler genişlemesi baskındır. Yüksek çözünürlük elde edebilmek ve Doppler genişlemesini azaltabilmek için silindir katot boşalım tüpü deney süresince sıvı azotla ile soğutulur. Doppler genişlemesi, spektral çizgilerin aşırı ince yapı bileşenlerinin yeterince ayrışmamasına neden olduğu için aşırı ince yapı sabitlerinin belirlenmesini güçleştirmektedir. Doppler kaymasına sahip bir çizgi homojen olmayan çizgi genişlemesidir ve Gauss profiline uyar [50,53].

3.3.3. Çarpışma ve Basınç Çizgi Genişlemesi

Uyarılmış enerji seviyesinde bulunan bir atom bu uyarılmış seviyeden temel seviyeye sadece kendiliğinden emisyon ile ışıma yaparak dönmeyebilirler. E_i üst ve E_k alt enerji seviyesine sahip uyarılmış bir A atomu, başka bir B atom ile çarpıştığında, emisyon enerjisini B atomuna aktarır ve A atomu ışımasız geçişle temel seviyeye döner. Bu etkileşim, A atomunun enerji seviyelerinde kaymaya neden olur. ΔE kayma miktarı, A ve B atomlarının elektron konfigürasyonuna ve aralarındaki uzaklığa bağlıdır. Bu durumda, uyarılan seviyenin ömrü kısalır ve spektral çizgi genişler. Ortamdaki çarpışmaların sayısı ile basınç arasında doğru orantılı bir ilişki söz konusudur. Spektral çizgilerdeki bu genişlemeye *çarpışma- basınç çizgi genişlemesi* olarak adlandırılır. Çarpışma çizgi genişlemeleri, Lorentz profili ile tanımlanır [52].

3.3.4. Saturasyon Çizgi Genişlemesi

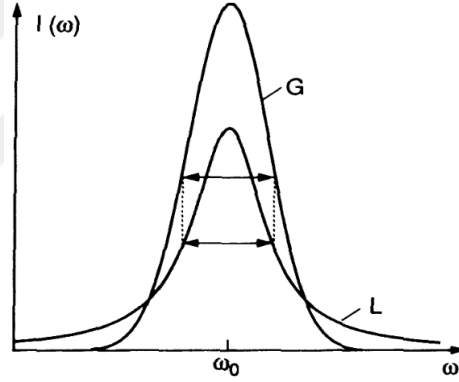
Atomlar şiddetli bir laser ile uyarıldığında, uyarılma, kendiliğinden emisyon ya da çarpışma yoluyla enerji aktarımından çok daha hızlı olur. Bu hızlı uyarılma, atomik seviyelerin nüfus yoğunluğunu değiştirir ve spektral çizgide genişlemeye neden olur. Bu genişlemeye *saturasyon genişlemesi* (güç genişlemesi) denir. Homojen çizgi genişlemeleri Lorentz profili ile tanımlanırken homojen olmayan genişlemeler Gauss profili ile tanımlanır [52].

3.3.5. Birleşik Çizgi Genişlemesi ve Voigt Profili

Deneysel spektrumda gözlenen çizgi genişlemelerinin şiddet dağılımı, tüm genişleme mekanizmalarına bağlı olarak tanımlanır. Tüm genişlemelerin gözlemlendiği spektral çizgi, hem Lorentz hem Gauss profillerini içeren *Voigt profili* ile tanımlanır:

$$I_{Voight}(\omega) = \frac{\gamma N_i c}{2\nu_p \pi^{3/2} \omega_0} \int_0^\infty \frac{\exp\left\{-\left[(c/\nu_p)(\omega_0 - \omega)/\omega_0\right]^2\right\}}{(\omega - \omega')^2 + (\gamma/2)^2} d\omega' \quad (3.77)$$

Şekil 3.11’de, Lorentz ve Gauss profillerinin birleşimi olan Voigt profili gösterilmiştir. $I(\omega)$ şiddeti, sıfıra, Gauss profilinde Lorentz profiline göre daha hızla yaklaşır. Voigt profili, emisyon ve absorpsiyon spektrumlarındaki sıcaklık ve basınç değişimlerini daha iyi tanımlaması sebebiyle yıldız atmosferlerinin spektroskopik analizinde avantaj sağlar [52].



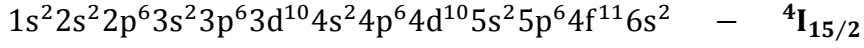
Şekil 3.11: Aynı yarı genişlikteki Gauss (G) ve Lorentz (L) profilleri [52].

3.4. HOLMİYUM ELEMENTİ

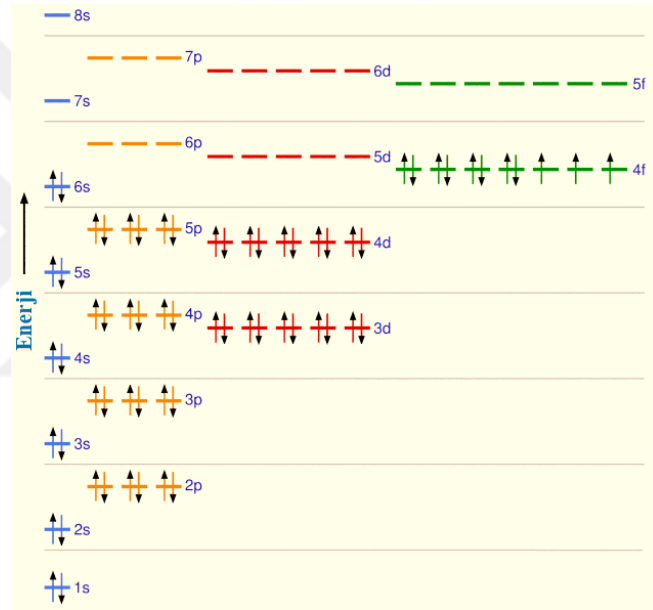
Atom numarası 67 olan Holmiyum (Ho), periyodik tabloda (Şekil 3.12), nadir toprak elementleri olarak da adlandırılan lantanitler grubunda yer alır. Ho elementinin nükleer spini $I = 7/2$ olan sadece bir kararlı ^{165}Ho (%99.9) izotopu vardır [9]. ^{165}Ho izotopunun aşırı ince yapı spektrumu, $\mu_I = +4.17(3) \mu_N$ [10] değerindeki çekirdek manyetik dipol moment ve $Q = +2.7b$ ile $3.6b$ [10] arasında elektrik kuadropol moment ile tanımlanır. Moment değerlerinin yüksek olması, Holmiyum atom (Ho I) ve birinci iyonunun (Ho II) aşırı ince yapılarının Doppler sınırlı metodlarla gözlenebilmesine olanak sağlar.

Holmiyumun Enerji Yapısı

Atomik holmiyumun taban enerji konfigürasyonu Şekil 3.13'teki enerji diyagramı ile gösterilmiştir. Burada seviyelerin enerjisi, y-ekseni üzerinde temel seviyeye bağlı olarak gösterilmiştir. Temel seviye, 0.0 cm^{-1} enerjisine sahip olan seviye olarak tanımlanır. İlk ve ikinci iyonizasyon enerji limitleri sırasıyla $E = 48567.0 \text{ cm}^{-1}$ ve $E = 95020.0 \text{ cm}^{-1}$ olarak belirtilmiştir. Holmiyumun temel enerji konfigürasyonu ve terimi,



şeklinde gösterilir.



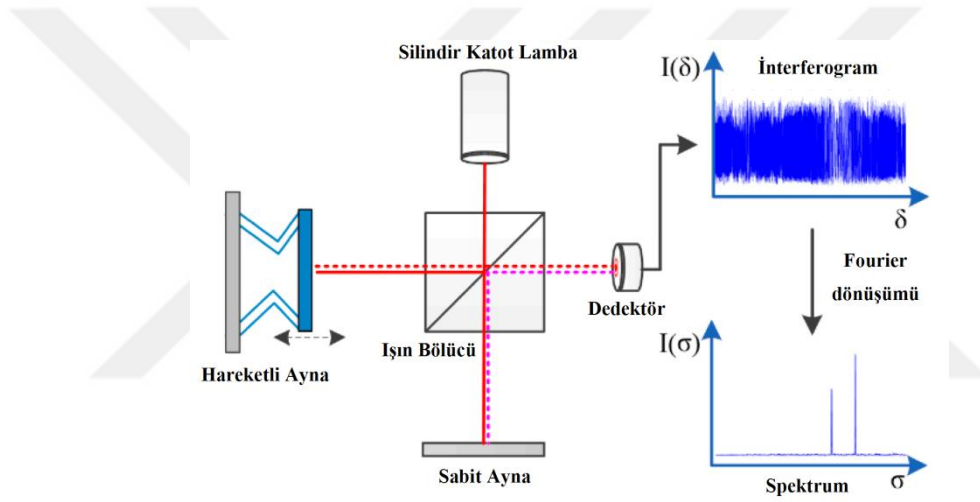
Şekil 3.13: Ho elementinin şematik elektron konfigürasyonu. Enerji skalası ölçeklendirilmemiştir.

3.5. DENEYSEL YÖNTEM: FOURİER TRANSFORM SPEKTROSKOPİSİ (FTS)

Aşırı ince yapı incelemelerinde, spektral ayırma gücü ve sinyal-gürültü oranı yüksek olan spektroskopik yöntemler kullanılması daha kesin sonuçlar elde edilmesini sağlar. Fourier Transform Spektroskopisi (FTS), ayırma gücü yüksek olan ve geniş bir spektrumun eşzamanlı olarak kaydedilebildiği avantajlı bir yöntemdir. İşte bu sebeple bu çalışmada, Holmiyum elementinin görünür bölgedeki deneysel spektrumu, $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında, Bruker IFS 125HR Fourier Transform (FT) spektrometresi ile Letonya Üniversitesi Laser Merkezi'nde kaydedildi.

3.5.1. Deney Sistemi

Şekil 3.14’te, FTS deney düzeneğinin temel diyagramı görülmektedir. FTS’in avantajlarından biri de az sayıda optik eleman kullanılmasıdır. Deneyde ışık kaynağı olarak, içinde Ho elementi bulunan, oyuk katot lamba-hollow cathode lamp (hcl)- kullanıldı. Oluşan yüksek frekanslı optik ışınının ölçülebilir bir frekansa dönüştürülmesi için bir Bruker IFS 125HR Fourier Transform (FT) spektrometresi kullanıldı. Belirli bir spektral bölgedeki gürültüyü filtrelemek amacıyla hcl ve FT spektrometre arasındaki optik yol üzerinde optik bant filtreleri kullanıldı. Son olarak spektrumun kaydedilmesi için deneyde bir fotoçoğaltıcı tüp – photomultiplier tube (PMT)- olan Hamamatsu R928 dedektör kullanıldı.



Şekil 3.14: Fourier transform spektroskopi temel diyagramı.

Oyuk Katot Lamba-Hollow Cathode Lamp (HCL)

Holmiyum elementinin emisyon ışınımını elde etmek amacıyla içi oyuk silindir şeklinde bir katot lamba kullanıldı. Lambanın temel düzeneği ve çalışma prensibi Şekil 3.15’te gösterildiği üzere şu şekildedir:

- Oyuk silindir şeklinde bakırdan yapılan katot içerisine, 0.127 mm kalığındaki ve % 99.9 saflıkta Holmiyum levha ince bir tabaka olarak kaplanır.
- İçi oyuk silindir seramik tutucular ile birlikte lambanın merkezine yerleştirilir.
- İki cam tüpün uçlarında bulunan yine içi oyuk silindir şeklindeki alüminyum anotlar seramik tutucular içerisindeki katodun uçlarına bağlanır.
- Işınımın doğrusallığını sağlamak, saçılmayı önlemek amacıyla düzenek camdan yapılan silindir bir hazne içerisine yerleştirilir.

- Cam haznenin kapalı olan uçlarında ışığın geçirgenliğini arttırmak-yansımayı önlemek-amacıyla 45° lik bir açıyla eğik kuartz pencere kullanılır.
- Silindir Katot Lambası, deney sırasında sıcaklığın artmasını önlemek amacıyla içerisine sıvı nitrojen doldurulacak büyük bir hazne içerisinde bulunur.
- Lamba, cam haznenin ucunda bulunan bir valf ve pompa yardımıyla vakumlanarak ortamın havası boşatılır.
- Lamba içersinde Ho buharı oluşturmak amacıyla bir taşıyıcı gaz kullanılır. Lambanın diğer ucundaki bir valf Argon veya Neon gibi bir asal gaz tüpüne bağlıdır. Lambanın içi tamamen vakumlandıktan sonra ortama asal gaz pompalanır.

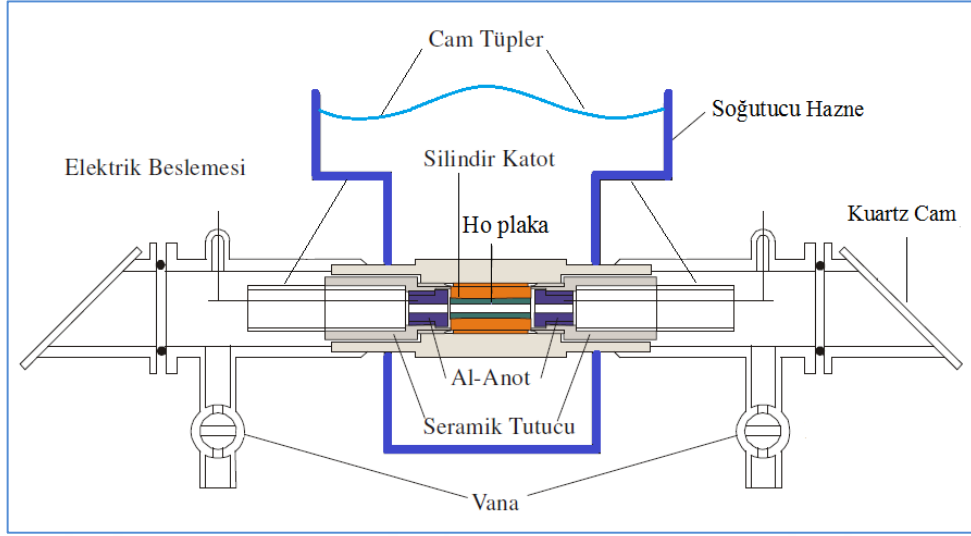
Holmiyum elementinin spektrumu, Ar ve Ne asal gazları kullanılarak ayrı ayrı iki ölçüm ile kaydedildi. Lambadaki gaz basıncı Ar için 2.2 mbar ve Ne için 3.3 mbar olmak üzere en optimum basınç değerleri kullanıldı.

- Vakum ortamındaki lamba asal gaz ile doldurulduktan sonra, DC güç kaynağına bağlanan anot ile katot arasına gerilim uygulanır.

Bir kez doğrusal gerilim uygulandıktan sonra, merkezde negatif yüklü bir katot ve iki uça pozitif yüklü anotlardan oluşan lamba içinde bulunan asal gaz atomları iyonize olur. İyonize olan pozitif asal gaz iyonları, elektrik alan altında hızlanarak negatif yüklü katoda çarpar. Asal gaz iyonları ile bombardımana uğrayan katodun iç yüzeyinden holmiyum atomları koparak plazma ortamına sıçrar. Yüksek enerjideki gaz iyonları ile çarpışan Ho atomları, enerji aktarımı sayesinde iç enerji seviyelerinde daha üst seviyelere uyarılabilir veya iyonizasyona uğrayabilirler.

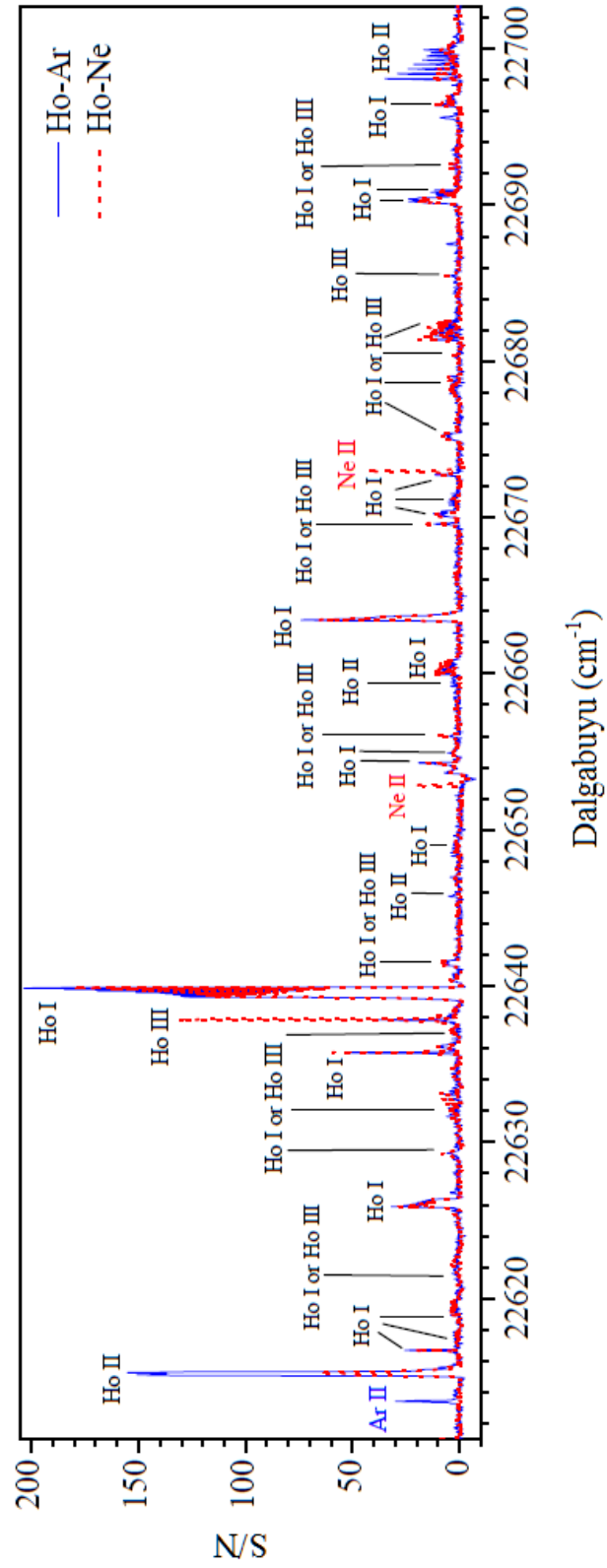
Uygulanan gerilime bağlı olarak içerideki serbest elektronların ve iyonların sayısı artar. Bir kez iyonize olan atomlar yeniden çarpışarak daha üst enerji seviyelerine uyarılabilir ya da ikinci kez iyonize olabilirler. Artık lambanın içinde elektronlardan, temel seviyede olan ve/veya üst seviyelere uyarılan ve/veya iyonlaşan Holmiyum ve asal gaz atomlarından (Ar veya Ne) oluşan bir plazma ortamı vardır.

Uyarılan atomlar temel seviyelerine dönerken karakteristik bir ışınım yayınlr. Lambadan yayımlanan bu ışınım, atomik holmiyuma (Ho I), bir kez iyonize holmiyuma (Ho II), iki kez iyonize holmiyuma (Ho III), asal gaz atomlarına (Ar veya Ne) ve iyonlarına (Ar II veya Ne II) ait emisyon spektrumudur. Emisyon sırasında yayımlanan fotonlar kuartz camı geçerek lambanın sağ tarafında bulunan interferometreye ulaşır.



Şekil 3.15: Oyuk katot lamba şeması.

Katodun içerisinde uyarılan atomların sayısı uygulanan gerilim ile orantılıdır. Bu deneyde, Ar ve Ne gazlarıyla alınan her iki ölçümde de oyuk katot lamba 60mA akım ile çalıştırılarak holmiyum atomları en fazla 2. iyonize hallerine uyarıldı. Spektrumun analizinde Holmiyum elementinin nötr halinin (Ho I) görünür bölgedeki spektral çizgilerinin büyük oranda tanımlanmamış olması sebebiyle bu çalışmada öncelikle Ho I çizgilerinin tanımlanması amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra özellikle Ne asal gazı ile ölçülen spektrumda daha şiddetli gözlenen Ho II ve Ho III spektral geçişlerinin tanımlanması da mümkün oldu. Spektrumun iki farklı asal gaz ile ölçülmesi, Ho elementine ve asal gaza (Ar veya Ne) ait spektral çizgileri ayırt edilmesini oldukça kolaylaştırmaktadır. Ho çizgileri her iki spektrumda da görülürken, Ar çizgileri sadece Ho-Ar spektrumunda ve Ne çizgileri de sadece Ho-Ne spektrumunda görülmektedir. Ayrıca, her iki spektrumdaki holmiyum çizgilerinin sinyal gürültü oranlarının—signal/noise (S/N)—birbiri ile karşılaştırılması holmiyumun iyonizasyon derecelerini belirlememize olanak sağlamaktadır. Analiz sürecinde izlenen yöntem “Spektrumun Analizi” bölümünde ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır. Şekil 3.16’da, Ar ve Ne ile ölçülen spektrumların bir kısmı gösterilmektedir, spektrumda işaretlenen her spektral geçiş (Ho, Ar ve Ne) oyuk katot lamba içerisinde gerçekleşen emisyon spektrumuna aittir.



Şekil 3.16: FT spektrumunun çizgi tanımlamaları ile gösterilen temsili bir bölümü: düz mavi çizgi Ho-Ar plazmasını; kesikli kırmızı çizgi Ho-Ne plazmasını ifade etmektedir [42].

Uygulanan voltajın artması ile ortamın sıcaklığı da artar. Aşırı ısınmayı önlemek amacıyla deneye başlamadan önce ve deney sırasında lambanın içerisinde bulunduğu hazne sürekli olarak sıvı nitrojen ile doldurulur. Deney sırasında sıcaklığın artması spektral çizginin genişliğinin artmasına sebep olur ve bu tüm aşırı ince yapı bileşenlerinin ayrışmasını engeller. Doppler genişlemesi olarak adlandırılan bu etki sıvı nitrojen ile sistemin soğutulmasıyla en aza indirgenmeye çalışılsa da spektrometrenin ayırma gücü sebebiyle çizgi genişliğinde gözlenmektedir. Deneyler sırasında gözlenen spektral çizgi genişlikleri ve dalga profilleri Spektral Çizgi Genişliği bölümünde anlatılmaktadır.

Filtreler

Filtreler, deneylerde oluşan gürültüyü azaltmak ve kaydedilmek istenen bölgenin tüm bölgeden izole edilmesi amacıyla kullanılır. Dar bantlı filtrelerin kullanımı ile istenen sinyal frekans bandı dışında kalan gürültüler filtrelenir. Bant filtreleri spektrumun incelenmek istenen spektrumu dışında kalan gürültü şiddetini filtreler, böylece gürültüden kaynaklanan çizgiler elenmiş olur ve bu PMT voltajının arttırılmasına olanak sağlar. Bunun sonucunda, spektrumun küçük bir bölgesi için sinyal-gürültü oranı optimize edilir.

Bu deneyde, Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarının her ikisinde de, 620 – 650 nm, dalgaboyu aralığındaki bant filtre kullanılarak, 14280 – 25000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında spektrumun tamamı kaydedildi. Bu deneyde bant filtre kullanılmasının amacı, FT spektrometre içerisindeki referans laserin (He-Ne, 632 nm) dalgaboyu civarında, dedektörü korumaktır. Bu filtre sebebiyle, 620 – 650 nm dalgaboyu veya 16127 – 15380 cm^{-1} dalgasayısı aralığında spektrumumuzda bir boşluk bulunmaktadır. Spektrumun bu aralığında, 623.4122 nm dalgaboyunda, şiddetinin oldukça yüksek olduğu tahmin edilen fakat kullanılan filtre sebebiyle S/N değeri küçük olan bir Ho çizgisi gözlenmektedir.

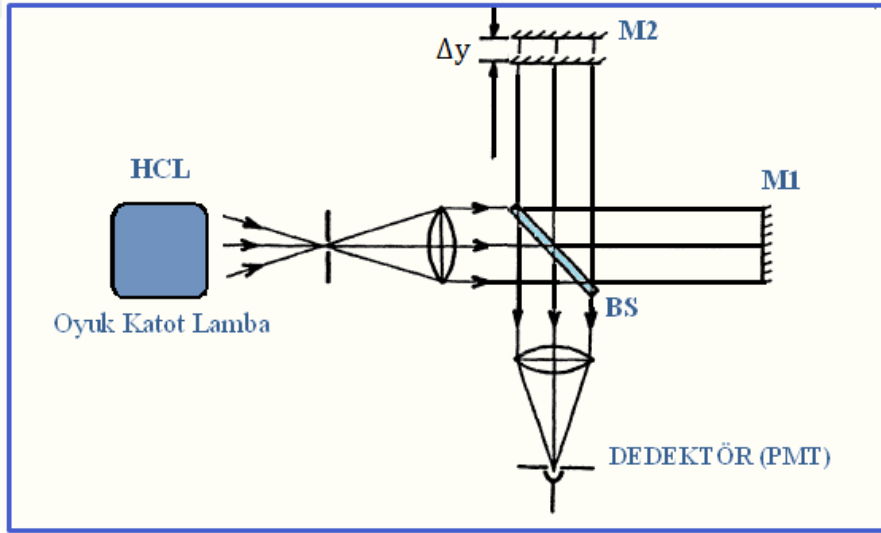
Deney sırasında, optik bant filtreleri silindir katot lambası ile Fourier transform spektrometresi arasındaki optik yola yerleştirildi.

Fourier Transform Spektrometre (FTS)

Oyuk katot lambadan çıkan ışın demeti filtreden geçerek FTS'e yönlendirilir. FTS, Michelson İnterferometresi (MI) olarak da adlandırılan bir “çift-ışın demeti” interferometresidir. MI, ışık kaynağından gelen yüksek frekanslı ışığın ölçülebilir frekanstaki bir spektruma dönüştürülmesini sağlar.

Oyuk katot lambadan gelen ışın demeti farklı dalgalıboylarına sahip fotonlardan oluşmaktadır. İnterferometrenin temel çalışma prensibini açıklayabilmek için gelen ışığın λ dalgalıboyuna sahip monokromatik bir dalga olduğu kabul edilir. Daha sonra formüller, farklı frekanslardaki birçok bileşene sahip ışık için uyarlanır.

Şekil 3.17’de gösterildiği üzere, Michelson interferometresinin en önemli özelliği birbirine dik iki kol üzerinde yerleştirilmiş olan iki aynadan oluşmasıdır ve bu aynalardan biri (M1) sabit iken diğeri (M2) hareketlidir. Işık kaynağından interferometreye ulaşan ışın demeti ilk olarak bir ışın bölücü ile karşılaşır. Yarı geçirgen cam malzemeden yapılan Işın Bölücü-Beam Splitter- (BS) üzerine gelen ışın, bundan sonra (a) ve (b) olarak adlandıracağımız iki eşit bileşene ayrılır. (a) ışını, BS üzerinden 90° açıyla yansıyarak M1 aynasına ulaşır ve (b) ışını ise BS’den direk geçerek M2 aynasına ulaşır. M1 ve M2 aynalarına ulaşan iki ışın aynalardan geri yansıyarak BS üzerine döner. Bu sefer (a) ışını BS üzerinden yansımadan geçerken, (b) ışını BS üzerinden 90° açıyla yansıyarak geçer ve dedektöre her iki ışının süperpozisyonu ulaşır. Dedektöre ulaşmada hemen önce süperpoze olan her iki dalga da BS’den bir kez yansımış ve bir kez de direk geçmiş olur.



Şekil 3.17: Michelson interferometresi şeması.

M2 aynasının hareketli olması sebebiyle, yeniden birleşen iki ışın arasındaki optik yol farkı Δy , M1 aynası ve M2 aynasının ışın bölücüye olan uzaklığına bağlı olarak şu şekilde tanımlanır:

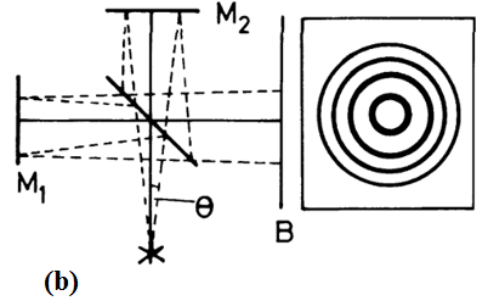
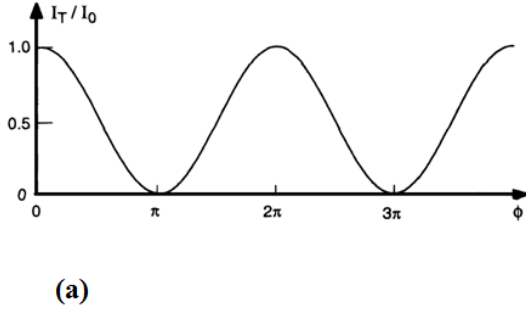
$$\Delta y = ||2M_1S| - |2M_2S|| \quad (3.78)$$

İnterferometrenin kolları birbirine eşit olduğunda, yani her iki ayna ile ışın bölücü arasındaki mesafe birbirine eşit ise ($|M_1S| = |M_2S|$), iki ışın arasındaki optik yol farkı sıfır olur ($\Delta y = 0$). Bu durumda dedektöre ulaşan iki ışın arasında yapıcı girişim oluşur ve şiddet maksimum değerini alır. M2 aynası $\lambda/2$ kadar hareket ettirildiğinde ise iki ışın arasındaki optik yol farkı dalgaboyunun tam katı olur ($\Delta y = \lambda$). Bu durumda iki ışın arasında yıkıcı girişim oluşur ve dedektöre ulaşan sinyalin şiddeti sıfır değerini alır. Oluşan yapıcı ve yıkıcı girişime bağlı olarak sinyalin şiddetindeki zamana göre değişim dedektör tarafından ölçülür. Şekil 3.18 (a)'da gösterildiği üzere dedektöre ulaşan monokromatik bir düzlem dalga için ışığın şiddeti $I_M(\phi)$, ϕ faz farkına bağlı bir fonksiyondur. Faz farkının, $\phi = 2m\pi$ ($m = 0, 1, 2, \dots$) değerini aldığı maksimumlarda, interferometreden çıkan ışığın şiddeti I_M ile interferometreye gelen ışığın şiddeti I_0 birbirine eşit olur. Faz farkının, $\phi = (2m + 1)\pi$ ($m = 0, 1, 2, \dots$) değerini aldığı minimumlarda ise, interferometreden çıkan ışığın şiddeti I_M sıfır olur.

M2 aynası Δy kadar hareket ettiğinde optik yol farkı $\Delta s = 2\Delta y$ değerini alır ve faz farkı $\phi/2\pi = \Delta s/\lambda$ veya $\phi = 2\pi \Delta s/\lambda$ ile tanımlanır. Bu gösterir ki MI, içinden yansıyan ışığın dalgaboyuna bağlı bir filtre veya dalgaboyu seçici bir reflektör olarak da düşünülebilir.

Şekil 3.18 (b)'de görülen ıraksak olan ışık için iki dalga arasındaki yol farkı Θ eğim açısına bağlıdır. B düzlemindeki girişim deseninin dairesel saçakları sistemin simetri eksenine eşmerkezlidir. M2 aynasının hareket ettirilmesi halka çapının değişmesine neden olur M2 aynası belli bir Δy uzaklığına hareket ettiğinde B düzleminde oluşan maksimumların sayısı N hesaplanarak dalgaboyu kesin olarak ölçülebilir:

$$\lambda = \frac{2\Delta y}{N} \quad (3.79)$$



Şekil 3.18: (a) Michelson İnterferometre içindeki iki dalganın faz farklarına bağlı şiddet değişimi. (b) MI’de ıraksık ışık tarafından oluşturulan girişim deseni [52].

Frekansı ω , ilerleme yönü x , genliği A_0 olan düzlem dalga,

$$E = A_0 e^{i(\omega t - kx)} \quad (3.80)$$

formülü ile tanımlanır ve $A_0^2 = A_1^2 + A_2^2$ olmak üzere, MI’ne ulaştığında ışın bölücü (BS) tarafından,

$$E_1 = A_1 e^{i(\omega t - kx + \phi_1)} \quad \text{ve} \quad E_2 = A_2 e^{i(\omega t - ky + \phi_2)} \quad (3.81)$$

şeklindeki iki düzlem dalgaya ayrılır. BS’nin absorpsiyon katsayısı çok küçük olduğundan ihmal edilir. Yansıma katsayısı R (reflectivity) ile ve geçirgenlik katsayısı T (transmittance) ile ifade edildiğinde, yüzeyin toplam katsayısı, $R = 1/2$ ve $T = 1/2$ olmak üzere, $R + T = 1$ olarak bulunur. M1 ve M2 aynaları üzerinden yansıyan (a) ve (b) ışınlarının her ikisi de tekrar üst üste binmeden önce her birinin BS üzerinden bir kez yansyarak ve bir kez de yansımadan direk geçtiğini belirtmiştik. İnterferometreden geçtikten sonra yeniden birleşen bu iki dalganın oluşturduğu bu yeni dalganın genliği,

$$A_i = \sqrt{RT} A_0 \quad (3.82)$$

ile bulunur. İki dalga arasındaki faz farkı, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta s + \Delta\phi$ olmak üzere, yeni dalganın genliği,

$$E = \sqrt{RT} A_0 e^{i(\omega t + \phi)} (1 + e^{i\phi}) \quad (3.83)$$

ile verilir.

Yüksek ω frekansına sahip salınımları dedekte etmek mümkün olmadığından MI ile, gelen sinyalin şiddetinin zamana bağlı ortalaması bulunur. Artık bu sinyal bir dedektör tarafından ölçülebilir. Ortalama şiddet,

$$I(\omega) = c\epsilon_0 E^2 \quad (3.84)$$

ile bulunur. Başlangıçta gelen dalganın şiddeti denklem (3.83) ve (3.84)'ten,

$$I_0 = \frac{1}{2} c\epsilon_0 A_0^2 \quad (3.85)$$

olarak bulunur ve böylece ortalama şiddet,

$$\begin{aligned} \bar{I} &= \frac{1}{2} c\epsilon_0 A_0^2 RT (1 + e^{i\phi}) (1 + e^{-i\phi}) = c\epsilon_0 A_0^2 RT (1 + \cos\phi) \\ &= \frac{1}{2} I_0 (1 + \cos\phi) \end{aligned} \quad (3.86)$$

ile bulunur.

Sabit bir v hızıyla hareket eden M2 aynasına dik olarak gelen, $\omega = 2\pi c/\lambda$ frekansına ve $k = 2\pi/\lambda$ dalga vektörüne sahip bir dalgada gözlenen Doppler kayması,

$$\Delta\omega = \omega - \omega' = 2 \mathbf{k} \cdot \mathbf{v} = \frac{4\pi}{\lambda} v = \frac{2\omega v}{c} \quad (3.87)$$

olur. v hızıyla hareket eden ayna sebebiyle oluşan optik yol farkı $\Delta s = 2vt$ ise faz farkı,

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta s = \frac{4\pi}{\lambda} v t = \Delta\omega t \quad (3.88)$$

olur ve ortalama şiddet ω frekansına bağlı olarak,

$$\bar{I} = \frac{1}{2} \bar{I}_0 (1 + \cos \Delta\omega t) \quad (3.89)$$

şeklinde ifade edilir.

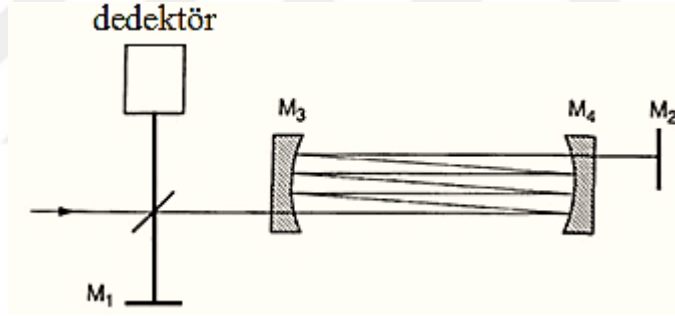
ω ve $\omega' = (\omega - \Delta\omega)$ frekanslarına sahip iki dalganın süperpozisyonu sonucu elde edilen sinyalin şiddeti zamana bağlı olarak,

$$\bar{I} = \frac{1}{2} I_0 (1 + \cos \Delta \omega t) \overline{\cos^2[(\omega' + \omega)t/2]} x = \frac{1}{2} \bar{I}_0 (1 + \cos \Delta \omega t) \quad (3.90)$$

ile ifade edilir.

Deneyde kullanılan bir MI ile $10^{14} - 10^{15} \text{ s}^{-1}$ mertebesindeki yüksek ω frekansları, bir $\omega(v/c)$ frekansına dönüştürülebilir.

Işınlardan aynı kaynaktan gelmesi sebebiyle, maksimum yol farkı ışık kaynağının koherent uzunluğunu aşmadığı sürece ışınların süperpozisyonu koherent olacaktır. Şekil 3.19'da görüldüğü gibi, optik yol farkı, interferometrenin hareketli kolundaki optik yolun uzatılmasıyla arttırılabilir. Bu kol üzerine eklenen M3 ve M4 küresel aynaları ile ışının aynalar arasında yansıtılması sağlanır. Küresel ayna kullanılmasının sebebi yansımalar arasındaki difraksiyon kaybını minimuma indirmek ve ışınların süperpoze olmadan önce paralel olmasını sağlamaktır.



Şekil 3.19: Girişim ışınları arasındaki optik yol farkının arttırılması [52].

Gelen ışık monokromatik değildir. ω_k frekanslarına sahip birçok bileşenden oluşan bir dalganın toplam genliği, tüm girişim genliklerinin toplamına eşit olur. Bu durumda denklem (3.6),

$$E = \sum_k A_k e^{i(\omega t + \phi_{0k})} (1 + e^{i\phi_k}) \quad (3.91)$$

halini alır. Gelen dalganın salınım periyoduna göre çok daha geniş zaman aralığına sahip bir dedektör ω_k frekansına sahip osilasyonları dedekte edemez fakat Fourier dönüşümü ile bulunan zamana bağlı şiddeti ölçebilir. Denklem (3.90)'a göre şiddet,

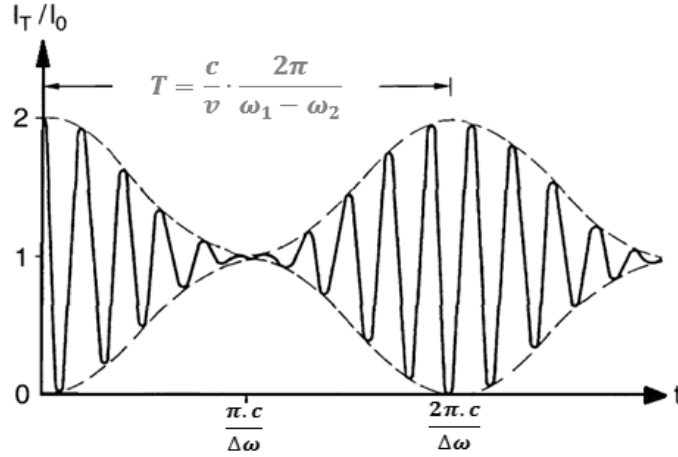
$$\bar{I}(t) = \sum_k \frac{1}{2} \bar{I}_{k0} (1 + \cos \phi_k) = \sum_k \frac{1}{2} \bar{I}_{k0} (1 + \cos \omega_k t) \quad (3.92)$$

formülü ile bulunur. Burada periyot ve frekans,

$$T = \frac{c}{v} \frac{2\pi}{\omega_i - \omega_k} \quad (3.93)$$

$$\Delta\omega_k = 2\omega_k \frac{v}{c} \quad (3.94)$$

ile tanımlanır. Fourier transform spektroskopisinde, $\Delta\omega_k$ farklarının ölçümü gelen dalganın ω_k frekanslarının belirlenmesinde kullanılır.

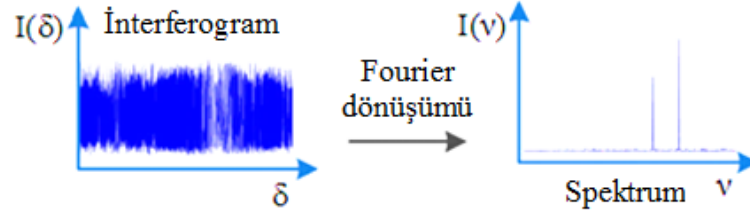


Şekil 3.20: Eşit genlikli ve ω_1 ve ω_2 frekanslarına sahip iki dalganın düzgün hareket eden bir ayna içeren MI içerisindeki girişim sinyali [52].

Şekil 3.20’de, $I_{10} = I_{20} = I_0$ olmak üzere şiddetin zamana bağlı değişimi,

$$\begin{aligned} \bar{I}(t) &= \frac{1}{2} \bar{I}_{10} [1 + \cos 2\omega_1 (v/c)t] + \frac{1}{2} \bar{I}_{20} [1 + \cos 2\omega_2 (v/c)t] \\ &= \bar{I}_0 \{1 + \cos[(\omega_1 - \omega_2) vt/c] \cos[(\omega_1 + \omega_2) vt/c]\} \end{aligned} \quad (3.95)$$

ile verilir. Böyle bir hesap bir bilgisayar tarafından hızlı işlemciler sayesinde kolayca yapılarak, Şekil 3.21’de gösterildiği üzere şiddetin frekansa (veya dalgaboyuna) göre değişimini veren bir spektrum olarak kaydedilir.



Şekil 3.21: FT spektrumunda gözlenen sinyal.

Optik yol farkı Δy ve gelen iki dalganın dalgalıboyları için, $\lambda_2 < \lambda_1$ olmak üzere, dedektöre ulaşan girişim maksimumlarının sayısı, $N_1 = 2\Delta y/\lambda_1$ ve $N_2 = 2\Delta y/\lambda_2$ ile verilir.

$\lambda_1 = \lambda_2 + \Delta\lambda$ ve $\Delta\lambda \ll \lambda$ koşulu sağlandığında,

$$\lambda = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{2} \text{ ve } N = \frac{1}{2}(N_1 + N_2) \quad (3.96)$$

olmak üzere, spektral ayrışma gücü R denklem (3.96)'ya, bağlı olarak,

$$R = \frac{2\Delta y}{\Delta\lambda} = N \quad (3.97)$$

ile ifade edilir.

T bir periyod boyu, ω_1 ve ω_2 frekanslarını bağlı olarak şu şekildedir:

$$T = \frac{c}{\nu} \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{c}{\nu} \frac{2\pi}{\nu_1 - \nu_2} \quad (3.98)$$

Buradan frekans farkı,

$$\Delta\nu = \frac{c}{\nu T} = \frac{c}{\Delta s} = \frac{c}{N\lambda} \rightarrow \frac{\Delta\nu}{c/\lambda} = \frac{1}{N} \text{ ve } \frac{\nu}{\Delta\nu} = N \quad (3.99)$$

olarak bulunur [52] .

Şekil 3.22'de, Letonya Üniversitesi Laser Merkezi'nde gerçekleştirilen deneyde kullanılan Bruker IFS 125HR Fourier Transform (FT) spektrometre görülmektedir. Deneyde, giriş aralığı 1 mm olan spektrometre ile 0.025 cm^{-1} mertebesinde bir çözünürlük elde edildi. Her bir spektrum 200 scan ile taranarak her biri üç saatlik bir süre içerisinde kaydedildi. FT

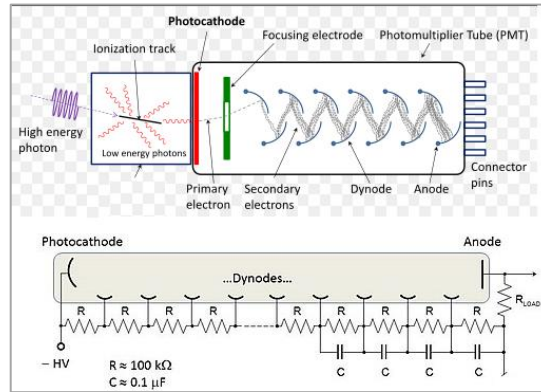
spektroskopinin *Felgett* avantajı olarak adlandırılan en önemli avantajı tüm spektral çizgilerin tek bir ölçüm ile kaydedilebilmesidir.



Şekil 3.22: Bruker IFS 125HR Fourier transform spektrometre [55].

Dedektör

Deneyde dedektör olarak fotoçoğaltıcı tüp –photomultiplier tube- (PMT) kullanıldı. Fotoçoğaltıcı tüp, görünür, kızılötesi ve morötesi dalgalı boylarındaki elektromanyetik spektrumu algılayan hassas bir sensöre sahiptir. Bu dedektör, üzerine gelen ışıktan kaynaklanan akımı 100 milyon kat kadar katlar (örneğin 160dB mertebesinde). Şekil 3.23’te görülen dinotlar aracılığıyla katlama sürecinde fotonların tek tek gözlemlenmesi mümkün olur ve ışığın akısı çok düşüktür. PMT dedektörler genel olarak, bir fotokatot, birkaç tane arka arkaya sıralanan dinot ve bir anot içeren cam gövdeyle kurulur. Gelen fotonlar, cihazın giriş penceresindeki iletken tabakaya yani fotokatot malzemeye çarpar. Elektronlar fotoelektrik etki ile yüzeyden koparılırlar. Bu elektronlar, elektron katlayıcıları boyunca iletilerek anoda yönlendirilirler.



Şekil 3.23: Voltaj bölücü devrelerden oluşan PMT dedektör [56].

Deneyde kullanılan Hamamatsu R928, Şekil 3.24'te görülmektedir. R928 dedektör, yüksek akım amplifikasyonu, oldukça yüksek kuantum verimi, iyi sinyal/gürültü-signal/noise- (S/N) oranı ve UV (mor ötesi) bölgeden yakın IR (kızıl ötesi) bölgeye kadar, (185 nm – 900 nm) geniş bir spektral alanı dedekte edebilme özelliklerine sahiptir. Dışında, UV duyarlılığı arttırmak amacıyla bir UV cam zarf kullanılır. Geniş bantlı spektrofotometreler, atomik absorpsiyon spektrofotometreleri, emisyon spektrofotometreleri ve diğer hassas fotometrik cihazlarda kullanım için oldukça uygundur. Bu deneyde holmiyumun karakteristik emisyon ışınının kaydedilmesi amacıyla kullanılmıştır [56].



Şekil 3.24: Hamamatsu R928 PMT [57].

3.6. SPEKTRUMUN ANALİZİ

14280 - 25000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında kaydedilen Ho spektrumunda gözlenen çizgilerin, dalgaboylarına, iyonizasyon derecelerine ve geçişin gerçekleştiği enerji seviyelerine bağlı olarak sınıflandırılması amacıyla FT spektrumu öncelikle, CLASS-LW Bilgisayar Programı [6] ile analiz edildi. Spektrumun dalgaboyu (veya dalgasayısı) skalasının doğruluğunu belirlemek amacıyla, Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarında, sırasıyla Ar ve Ne çizgilerinin dalgaboyu (λ) ve dalgasayısı (σ) değerleri literatürden bilinen değerler ile karşılaştırıldı. Çizgilerde referans değerlerine göre kayma olduğu gözlemlendi. Tanımlanan Çizgilerin Kalibrasyonu bölümünde, bu kayma miktarının hesabı ayrıntılı olarak anlatıldı.

Daha sonra tanımlanan bu çizgilerin aşırı ince yapı geçişleri FITTER [7] bilgisayar programı ile analiz edilerek aşırı ince yapı sabitleri belirlendi. Bir enerji seviyesinin aşırı ince yapı sabitleri (A_{fit} ve B_{fit}) birden fazla spektral geçişin analizi ile bulunduysa, bu değerlerin ağırlıklı ortalaması hata payları ile birlikte hesaplandı. Hata hesabı, Radziemski ve Kaufman [58]

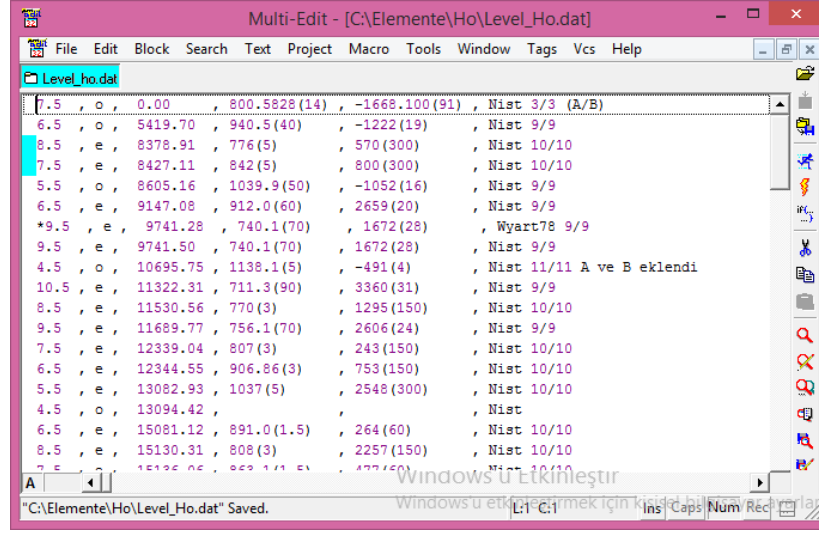
tarafından enerji seviyelerinin belirsizlikleri için kullanılan yöntemden yola çıkılarak yapıldı, bu hesap Bulgular bölümünde detaylı olarak açıklandı.

3.6.1. “CLASS-LW” Bilgisayar Programı

Bu çalışmada, Holmiyum elementinin Fourier Transform Spektroskopisi ile elde edilen çizgi spektrumunu analiz etmek amacıyla CLASS-LW [6] kullanıldı.

CLASS-LW programının çalıştırılabilmesi için öncelikle dört ayrı giriş datasının hazırlanması gerekir. Bunlardan ilk üçü, holmiyumun sırasıyla atom (Ho I), birinci iyon (Ho II) ve ikinci iyon (Ho III) durumlarına ait bilgileri içeren, “Level_Ho.dat”, “Lev_HoII.dat” ve “Lev_HoIII.dat” isimli dosyalardır. Bu üç dosya, holmiyumun nötr veya iyon hallerine ait ince yapı enerji seviyesi, seviyeye ait J toplam açısal momentum kuantum sayısı ve paritesi, eğer biliniyorsa A ve B aşırı ince yapı sabiti değerleri ve değerlerin alındığı referans bilgisini içerir (Şekil 3.25). Emisyon spektrumunda, aynı zamanda katot lambanın içinde taşıdığı gaz olarak bulunan Ar ve Ne çizgileri de gözlenir. Bu geçişleri holmiyum geçişlerinden ayırmak için giriş dosyalarına Ar ve Ne enerji seviyeleri de eklenmiştir. Seviyelere ait bilgiler, Ho I için Wyart ve diğ. [22], Kröger ve diğ. [27], Den Hartog ve diğ. [28], Stefanska ve Furmann [37], ve Furmann ve diğ. [38]; Ho II için Gurell ve diğ. [33], Martin ve diğ. [20] ve Den Hartog ve diğ. [28] ve Ho III için Martin ve diğ. [20] referanslarından alındı. Eğer bir seviye için farklı referanslarda farklı değerler verildiyse en hassas olan tercih edildi. Aşırı ince yapı sabitleri ise atomik holmiyum için Merzyn ve diğ. [18], Burghardt ve diğ. [17], Reddy ve diğ. [26], Wyart ve diğ. [22], Childs ve diğ. [23], Kröger ve diğ. [27], Stefanska & Furmann [37], Stefanska ve diğ. [38], Furmann ve diğ. [39], ve bir kez iyonize holmiyum için Gurell ve diğ. [33] referanslarından alındı.

“Level_Ho” giriş dosyasında, 400 adet enerji seviyesi olup bunlardan 278 tanesinin A ve B aşırı ince yapı sabitleri, 15 tanesinin sadece A değeri bilinmektedir. “Level_HoII” giriş dosyasında, 110 adet enerji seviyesi olup bunlardan 100 tanesinin A ve B aşırı ince yapı sabitleri bilinmektedir.



Şekil 3.25: “Level_HoI.dat” giriş dosyasından bir kesit.

Diğer giriş datası yine elementin nötr ve iyonize hallerine ait literatürden bilinen tüm spektral çizgilerinin dalgaboylarına göre tanımlamalarını içeren “wHo.dat” isimli giriş dosyasıdır. Program çalıştırıldığında oluşturulan bilgiler de bu dosya içine yazılır. Yani “wHo.dat” dosyası hem literatürden bilinen geçişlerin yazılmasıyla oluşturulan giriş dosyası hem de program çalıştıkça yeni dataların içerisine yazıldığı çıkış dosyasıdır. Şekil 3.26’da görülen “wHo.dat” dosyasında sırasıyla,

- geçişin dalgaboyu (Å cinsinden),
- geçişin sırasıyla Ar ve Ne spektrumlarında ölçülen şiddeti,
- eğer biliniyorsa literatürdeki şiddeti,
- spektrumdan ölçülen hfs genişliği,
- spektrumdan ölçülen çizgi genişliği,
- eğer çizgi sınıflandırıldıysa, geçişin gerçekleştiği öncelikle üst ve daha sonra alt seviye için sırasıyla,
 - Enerji seviyesi;
 - J kuantum sayısı;
 - Parite;
 - A ve B hfs sabitleri;
 - aşırı ince yapı sabitlerinin alındığı referans ve
 - geçişin hangi enerji haline ait olduğu (HoI, Ho II, Ho III)
- çizginin alındığı referans veya bu çalışmada tanımlandığını gösteren “Berin 2015” ifadesi yazıldı.

wHo dosyasına literatürden girilen spektral geçişler, atomik holmiyum için, Meggers ve diğ. [19], Nave ve diğ.[30], Sansonetti ve Martin [32], Smirnov [34] ve Martin ve diğ. [20] tablolarından, bir kez iyonize holmiyum için Meggers ve diğ. [19], Smirnov [25], Sansonetti ve Martin [32] ve Gurell ve diğ. [33] ve iki kez iyonize holmiyum için Biemont ve diğ. [59] ve Zhang ve diğ. [60] referanslarından alındı.

Ayrıca ardarda tanımlanan iki veya daha fazla çizgi birbiri ile karıştırsa “Blend” yorumu yer aldı. Eğer çizgi tanımlandıysa (dalga boyu, şiddeti ve çizgi genişliği) ve fakat spektral geçişin gerçekleştiği alt ve üst enerji seviyeleri bilinmiyorsa çizgiyi sınıflandırmak mümkün değildir. Bu durumda, geçişin kime ait olduğu bilgisini içeren kolona “Ho I veya Ho II”, “Ho I veya Ho III”, vs... yorumları not edilir.

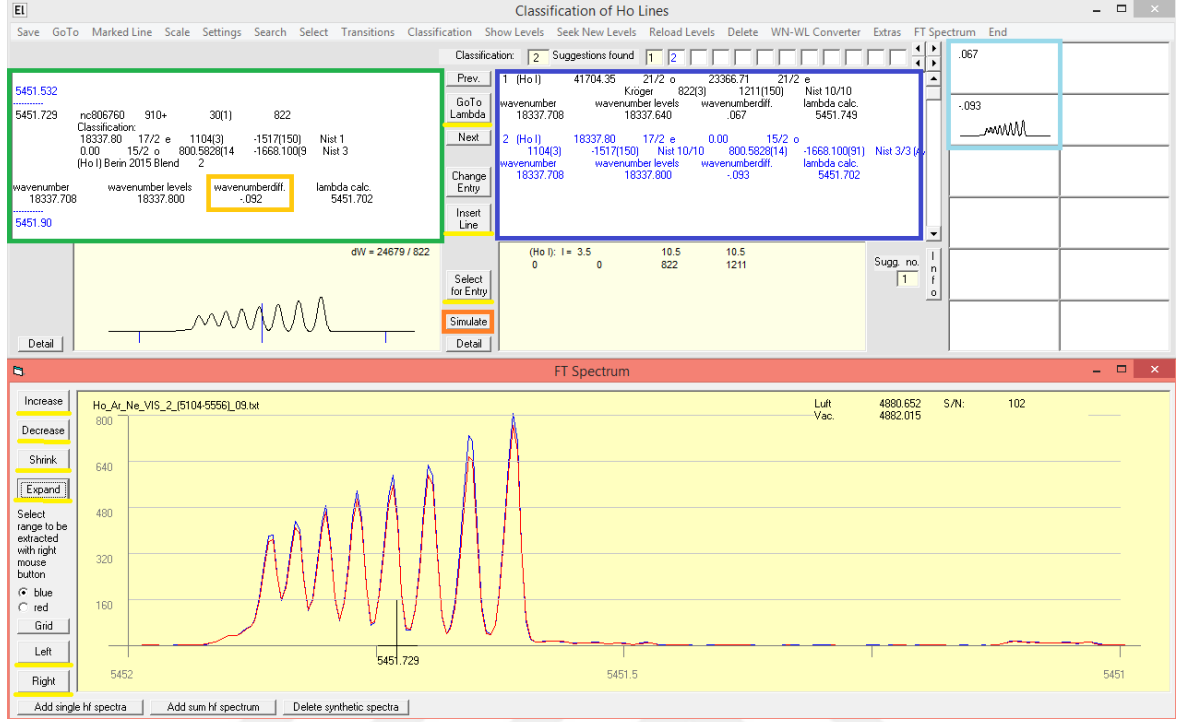
Wavelength (nm)	Intensity	Identifier	Notes
4031.715	1c139 11, 220?	120	34537.92, 8.5, O, Kröger, 9741.50, 9.5, e, 740.1(70), 1672(28), Nist 9, (Ho I) Berin 2015 1
4031.8585	nc470 35, 1010+	180(1), 880	24795.58, 8.5, e, 1136(3), 1454(150), Nist 1, 0.00, 7.5, O, 800.5828(14), -1668.100(9), Nist 3, (Ho I) Berin 2015 1
4031.80		180c	
4032.140	nl 17 23, 1045-		
4032.775	nl 5 5, 220?		
4033.100	nl 5 4, 495?		
4033.497	nl 3 2, 540?		
4033.670	nl 15 13, 435?		
4034.225	nl 4 4, 375-		
4036.067	nl 52 45, 825+		
4036.4490	21 8, 2610-	17(9), -2490	33769.018, 5, e, 463.2(1.5), 60(90), GURELL, 9001.7536, 6, O, 2029.0(1.2), -1259(90), GURELL, (Ho II) Berin 2015 Blend 1
4036.4471		17	33769.018, 5, e, 463.18(1.50), 59.96(89.94), GURELL, 9001.7536, 6, O, 2028.10(1.2), -1259.13(89), GURELL, (9)Ho II
4036.565	nl 21 13, 695+		
4037.015	nl 15 14, 490?		
4037.262	nl 91		
4037.520	nl 71 55, 500+		
4037.610		220	24760.13, 6.5, e, 626.56, 13/-, 0.00, 7.5, O, 800.5828(14), -1668.100(9,3/3), (6)
4037.62		25	
4037.62		25	
4037.605	666 544, 635-	25(8) (6), -480	24760.13, 6.5, e, 626.56, Nist 1, 0.00, 7.5, O, 800.5828(14), -1668.100(9), Nist 3, (Ho I) Berin 2015 Blend 1
4038.873	43 15, 1400+	44(9), 1279	30602.296, 6, e, 928.5(1.2), -210(90), GURELL, 5849.9003, 6, O, 81.2(1.5), -1439(90), GURELL, (Ho II) Berin 2015 1

Şekil 3.26: wHo.dat giriş dosyasından bir kesit.

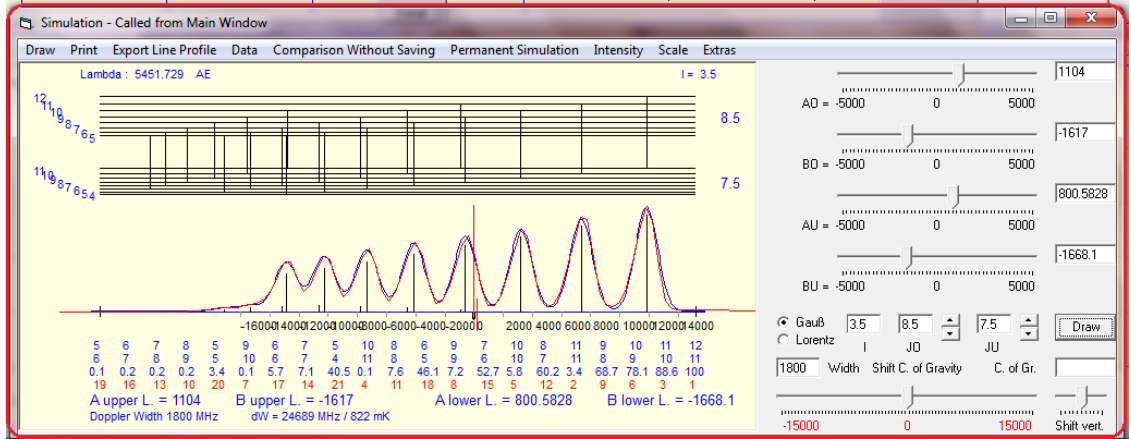
Spektral Çizgi Analizi

CLASS-LW programı, FT spektroskopisi yöntemi ile şiddet dağılımının dalga boyuna bağlı değişimi olarak kaydedilen spektrumu, şiddetin dalga boyuna bağlı bir fonksiyonuna dönüştürür. Program, Ar ve Ne asal gazları ile kaydedilen her iki spektrumu da aynı anda okur. Dalga boyu eksenini, Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarında birbirine denktir, iki spektrum tam olarak üst üste oturur.

(a)



(b)



Şekil 3.27: (a) $\lambda = 545.1729$ nm dalgaboyunda, CLASS-LW programı ile sınıflandırılan bir spektral geçiş. Ho-Ar (mavi) ve Ho-Ne (kırmızı) spektrumları, program tarafından aynı anda okunmaktadır. **(b)** $\lambda = 545.1729$ nm dalgaboyunda, programın “Simülasyon” penceresi. Teorik spektrum mavi renk ile ve deneysel spektrum kırmızı renk ile gösterilen çizilmiştir.

Şekil 3.27 (a)’da, CLASS-LW [6] programının ana penceresi görülmektedir. Program temel olarak iki pencereden oluşur: *Classification of Ho lines* (Ho çizgilerinin klasifikasyonu) ve *FT Spectrum* (FT Spektrumu). *FT Spectrum* penceresinde, 400 – 700 nm aralığında FT spektroskopisi ile Ar (mavi spektrum) ve Ne (kırmızı spektrum) gazları ile ayrı ayrı kaydedilen tüm spektrum üst üste çakışık olarak görülür. Relatif şiddetin dalgaboyuna göre

kaydedildiği spektrumu incelerken *Expand (genişlet)*, *Shrink (daralt)* *Increase (yükselt)* ve *Decrease (azalt)* butonları kullanılabilir. Spektrumda ilerlemek için, dalgaboyunun sırasıyla artan veya azalan yönünde *Left (sol)* ve *Right (sağ)* butonları kullanılır. Bir Ho enerji geçişi, her iki spektrumda da aynı yerde gözlenir fakat her iki spektrumdaki şiddetleri birbirinden farklı olabilir.

FT Spectrum penceresinde, spektrumda görülen her bir spektral çizgi için,

- çizginin dalgaboyu belirlenir;
- çizginin Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarındaki en yüksek pikinin yeri ölçülerek S/N belirlenir;
- yapının başlangıç ve bitişinde şiddetin “ $1/e^2$ ” katına denk gelen noktalar belirlenerek bu iki nokta arasındaki mesafenin ölçülmesiyle çizginin genişliği mK cinsinden hesaplanır.

Classification of Ho lines penceresinde, *Insert Line (çizgi ekle)* sekmesi ile bu değerler girilerek çizgi programa tanımlanır. Çizgi tanımlandıktan sonra program, *Level.dat* giriş dosyalarından okuduğu enerji seviyesi, seviyenin paritesi ve *J* kuantum sayısı değerlerini kullanarak bu enerji seviyeleri arasındaki teorik olarak mümkün geçişleri ve dalgaboylarını hesaplar ve mümkün geçişleri öneri olarak listeler. Şekil 3.27 (a)’da, $\lambda = 545.1729$ nm dalgaboyundaki spektral çizgi için mümkün olan teorik geçişler (koyu mavi çerçeve ile) listelenmiştir. Bu kısımda geçişin, arasında gerçekleşebileceği alt ve üst enerji seviyeleri, seviyelerin *J* değerleri ve eğer biliniyorsa *A* ve *B* aşırı ince yapı sabitleri verilmiştir. Ayrıca eğer bu geçişe ait enerji seviyelerinin *A* ve *B* değerleri biliniyorsa, geçişe ait spektral çizginin teorik olarak çizilen aşırı ince yapısı en sağda (açık mavi çerçeve ile) gösterilmiştir. Şekildeki spektral çizgi için sağ tarafta birden fazla öneri bulunmaktadır. Hangi önerinin bu geçişe ait olduğunu bulmak için programdaki “*Simulate-Simülasyon*” (kırmızı çerçeve) sekmesi kullanılarak, her bir teorik öneri ile deneysel spektrum (*FT Spectrum* penceresinde Ho-Ar (blue) veya Ho-Ne (red) spektrumu seçilebilir) karşılaştırılır ve uyumlu bulunan teorik geçiş çizgi için tanımlanır. Eğer,

- ✓ spektrumdaki çizginin ağırlık merkezi ile teorik dalgasayısı uyumlu ise ve
- ✓ *Simülasyon* tarafından -literatürden bilinen veya analiz sırasında öngörülen *A* ve *B* aşırı ince yapı sabitlerine bağlı olarak- çizilen teorik aşırı ince yapı spektrumu ile deneysel spektrum birbirine tam olarak uyuyorsa,

deney ile teori uyumludur ve önerilen geçiş seçilerek *Select for Entry* (girmek için seç) sekmesi ile tanımlanır. Çizginin,

- Ar ve Ne spektrumlarındaki şiddeti,
- çizgi genişliği,
- aşırı ince yapı genişliği,
- önerinin okunduğu giriş dosyasına bağlı olarak geçişin hangi enerji durumunda (Ho I veya Ho II veya Ho III) gerçekleştiği

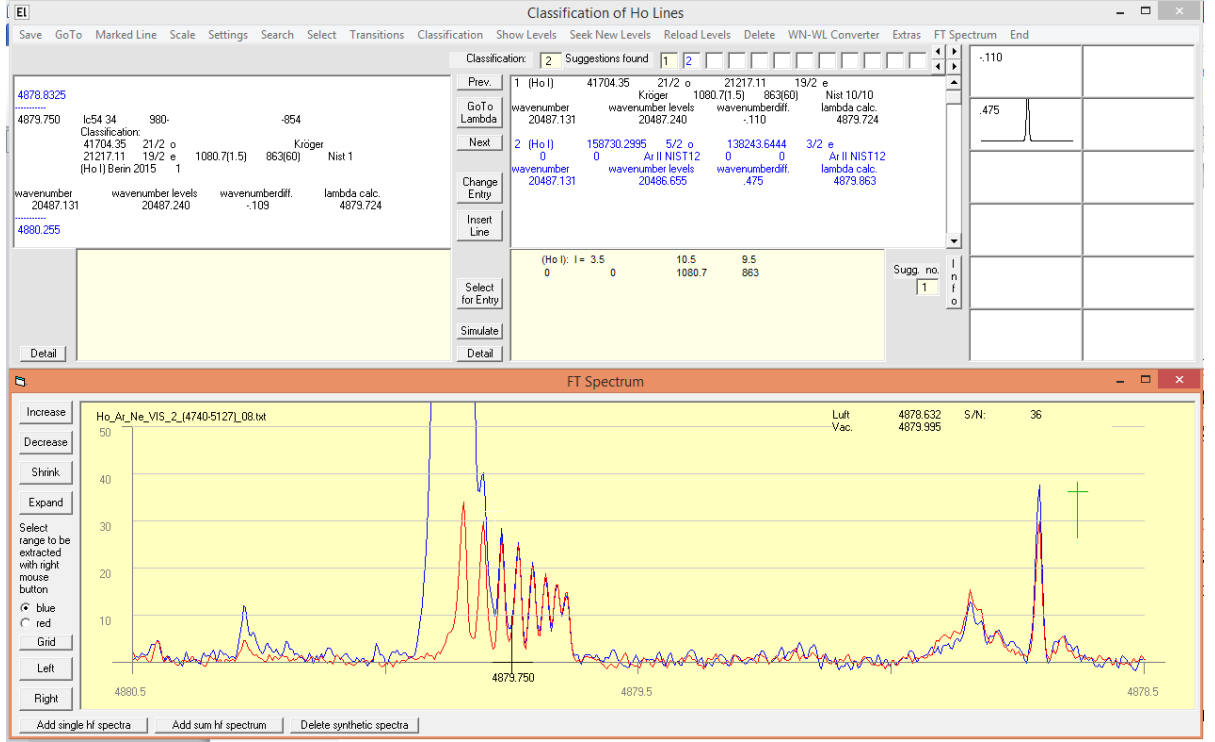
bilgileri belirlenerek programa girilir ve program tüm bu girdileri ve çizginin ağırlık merkezi ile teorik dalgasayısı arasındaki farkı hesaplayarak (turuncu çerçeve) her bir çizgi için kaydeder (yeşil çerçeve). Tüm bu bilgiler oluşturulduğunda spektral geçişi gösteren çizgi sınıflandırılmış olur.

Tüm spektrumun analizinde bir önerinin uygunluğu kontrol edilirken şu 3 durum ile karşılaşıldı:

- ✓ Bir geçişe ait seviyelerin her ikisi için de aşırı ince yapı sabitleri biliniyorsa, önerilen teorik yapı sınıflandırma için kesin bir sonuç sağladı.
- ✓ Aşırı ince yapı sabitleri sadece bir seviye için biliniyorsa, ikinci seviye için sabitlerin alabileceği farklı değerler için aşırı ince yapı spektrumu simüle edildi ve simüle edilen spektrum deneysel spektrum ile karşılaştırıldı. Bir eşleşme bulunduğunda, oldukça açık bir sınıflandırma da mümkün oldu.
- ✓ Aşırı ince yapı sabitleri her iki seviye için de bilinmiyorsa, her iki seviye için farklı aşırı ince yapı sabitlerinin değerleri ile simülasyon yapıldı. Deneysel spektrum ile uygun bir eşleşme bulunduğu tespit edilirse, bu sınıflandırma seçildi.

Şekil 3.27(b)'de, $\lambda = 545.1729$ nm dalgaboyundaki spektral çizgi için *Simulation* penceresi görülmektedir. Üst üste binen mavi (teorik) ve kırmızı (deneysel) ile gösterilen spektrumlar birbiri ile oldukça uyumludur. Ayrıca teorik ve deneysel spektrumların ağırlık merkezleri, $\Delta\sigma = -0.092$ fark ile çakışmaktadır ki bu fark kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Deneysel spektrum ile Simülasyon spektrumu dalgasayıları arasındaki kayma miktarı, σ deneysel dalgasayısı, E_u üst ve E_l alt enerji seviyeleri olmak üzere, $\Delta\sigma = \sigma_{deney} - (E_u - E_l)$ formülü ile hesaplanır.

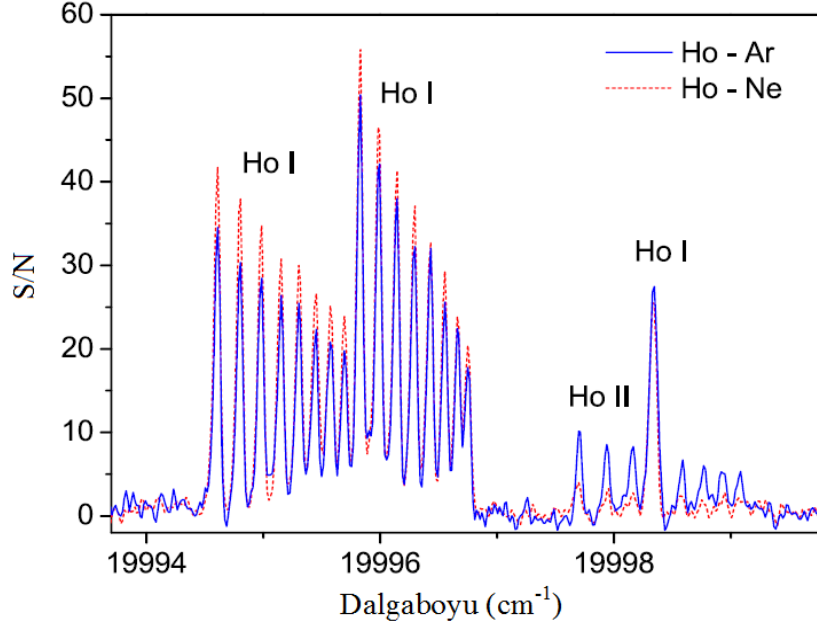
Şekil 3.28’de bir Ar II ve bir Ho I çizgisinin birbirine karıştığı görülmektedir, bu durum iki çizginin “blend” olması olarak tanımlanır. Sağ tarafta hem Ar II hem de Ho I için önerilen geçişler sıralanır. Bu önerilerin simüle edilmesiyle çizgiler sınıflandırılır. Şekilde de görüldüğü gibi, spektrumda Ar ve Ne çizgilerini, Ho çizgilerinden ayırt etmek çoğunlukla kolaydır. Aşırı ince yapı spektrumu, p kapalı kabuğuna sahip asal gazlar için tek ve genel olarak şiddetli bir pik şeklinde gözlenir. Ayrıca asal gaz çizgileri, sadece tek bir spektrumda - Ar için mavi ve Ne için kırmızı spektrumda- gözlenir.



Şekil 3.28: $\lambda = 487.9750$ nm dalgaboyunda, *blend* olan bir Ar II ve bir Ho I çizgisinin CLASS-LW programı ile sınıflandırılması.

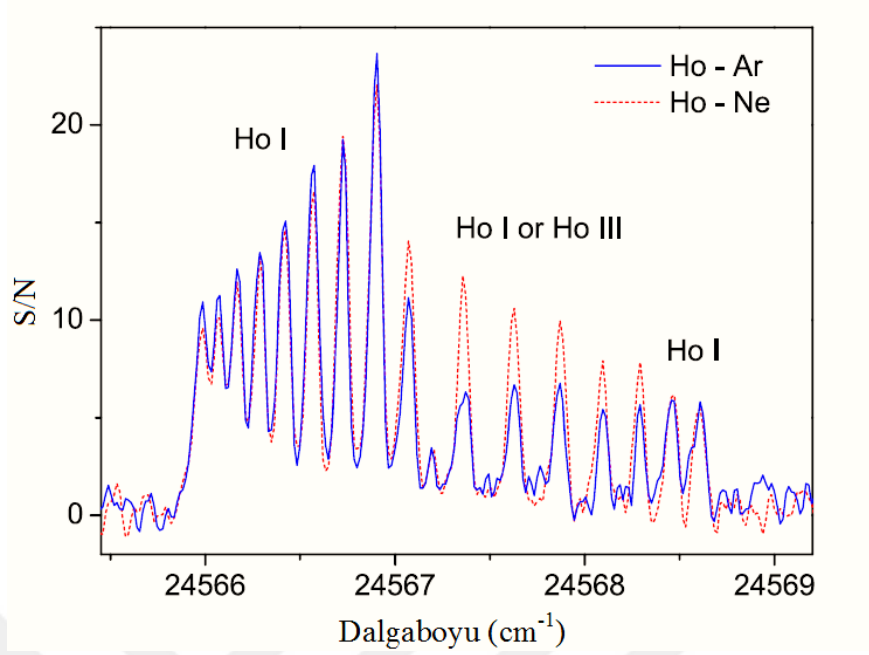
Holmiyumun görünür bölgede ($14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$) incelenen spektrumunda, 1000 cm^{-1} başına yaklaşık 390 Ho çizgisi düşmektedir. Spektrumun çok yoğun olması ve bazı Ho çizgilerinin aşırı ince yapılarının çok geniş olması sebebiyle iki veya daha fazla çizginin yapıları birbiri ile karışır ve bu olaya *blend* adı verilir. Şekil 3.29’da, *blend* olan iki çizgiye iki ayrı örnek gösterilmektedir. Her iki çizgi de “parmak izi deseni -fingerprint” olarak adlandırdığımız aşırı ince yapı bileşenlerinin birbirinden oldukça iyi ayrıştığı bir yapı sergilemektedir. Bir geçişi tanımlayabilmek için çizginin *parmak izi deseni* sergilemesi önemli bir avantaj sağlar. Şekil 3.29’da, birbirinden iyi ayrılmış güçlü pikleri olan ve geniş bir aşırı ince yapı gösteren 3 çizgi (Ho I, Ho I, Ho II) ve sağ tarafta, 19998.33 cm^{-1} ’de, aşırı

ince yapı bileşenleri hiç ayrılmamış bir çizgi (Ho I) görülmektedir. Şekilde farklı çizgiler için Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarından ölçülen şiddet (S/N) değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir.

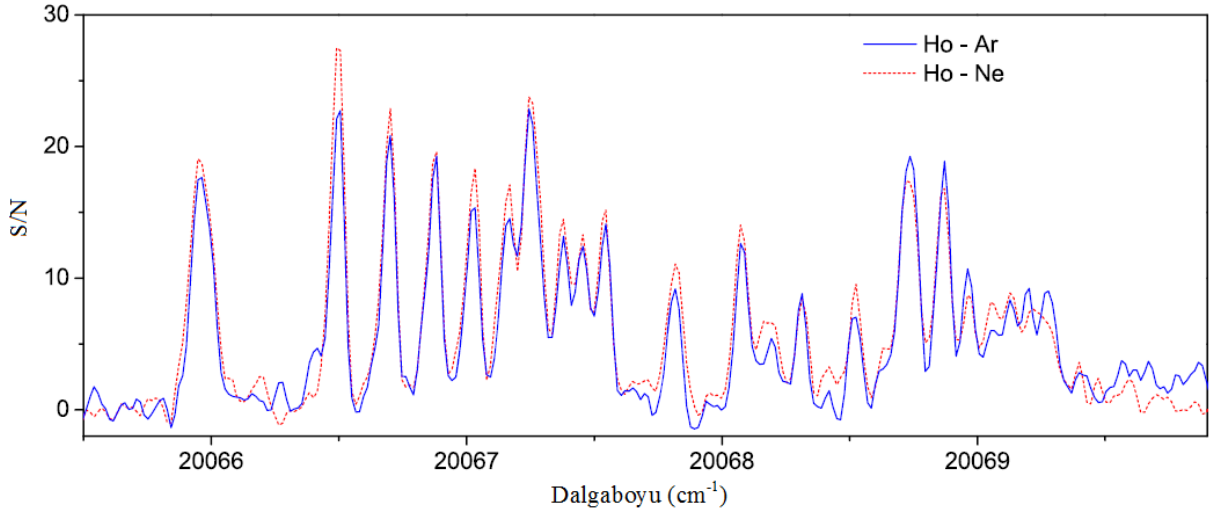


Şekil 3.29: Aşırı ince yapıları iyi ayırmış, parmak deseni gösteren çizgilerin bulunduğu Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarından bir kesit.

Şekil 3.30 ve 3.31’de benzer örnekler gösterilmektedir. Şekil 3.30’de, ilk bakışta blend olan iki çizgi olduğu düşünülebilir. Fakat Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarından ölçülen iki S/N değeri karşılaştırılırsa, şeklin en sağında üçüncü bir çizgi olduğu fark edilmektedir. Şekil 3.31’de incelenen bölgede, normalde karşılaştığımızdan çok daha fazla çizginin *blend* olduğunu görmekteyiz. Bir *çizgi salatası* olarak tanımlayabileceğimiz bu ekstrem durumda, birbiri ile *blend* olan 8 çizgi görülmektedir. Blend olan bu çizgilerin hepsinin sınıflandırılmaması sebebiyle çizgilerin ağırlık merkezi, yapısı ve genişliği kesin bir doğrulukla belirlenemeyebilir, hatta spektrumda, tahmin edilenden daha fazla sayıda çizgi gözleniyor olabilir.

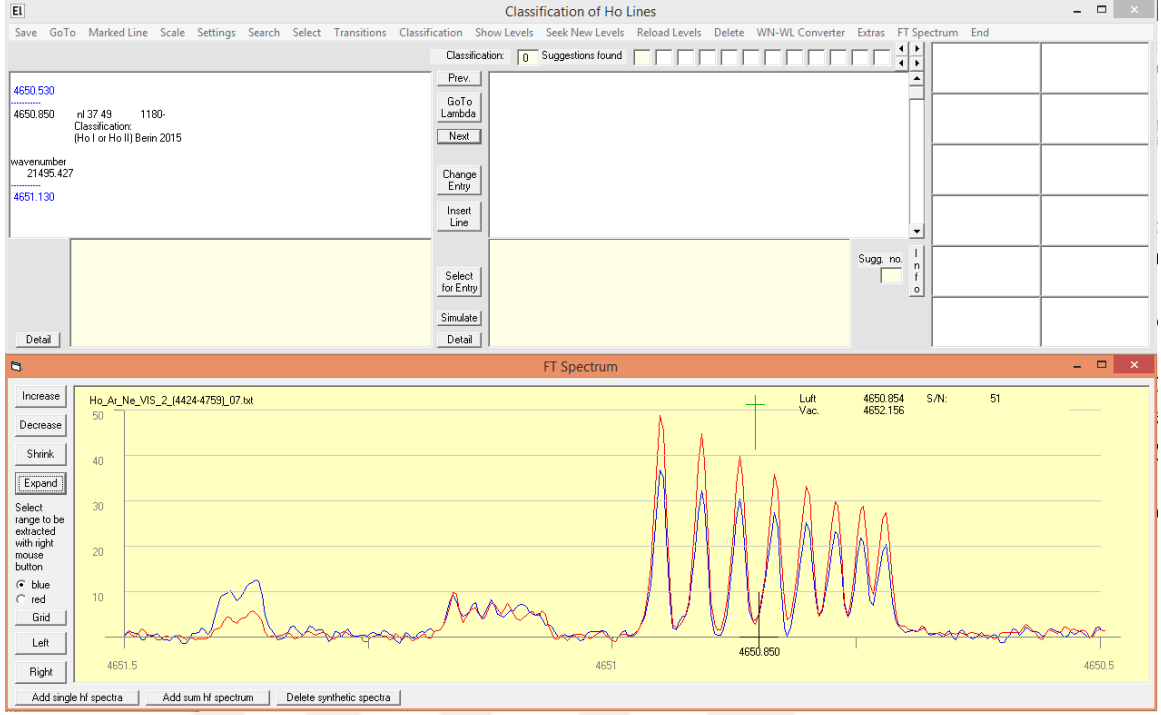


Şekil 3.30: En sondaki çizginin, ancak Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarındaki “S/N” değerlerinin karşılaştırılması ile tanımlandığı blend olan üç çizgi.



Şekil 3.31: Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarının *çizgi salatası* olarak adlandırabileceğimiz bir kesiti.

Şekil 3.32’de görüldüğü üzere, her çizgi için program tarafından bir öneri sunulmayabilir veya önerilen geçiş ile incelenen spektral çizgi uyumlu olmayabilir. Bir spektral çizgi için öneri olmaması, programın bilinen enerji seviyeleri ile bu dalgaboyunda teorik olarak mümkün bir geçiş bulamadığı anlamına gelir. Bu da bize holmiyumun hala bilinmeyen ince yapı enerji seviyeleri olduğunu gösterir.



Şekil 3.32: $\lambda = 465.0850$ nm dalgaboyunda, CLASS-LW programı ile dalgaboyu, şiddeti ve genişliği tanımlanan ama herhangi bir öneri olmaması sebebiyle sınıflandırılmayan bir spektral geçiş.

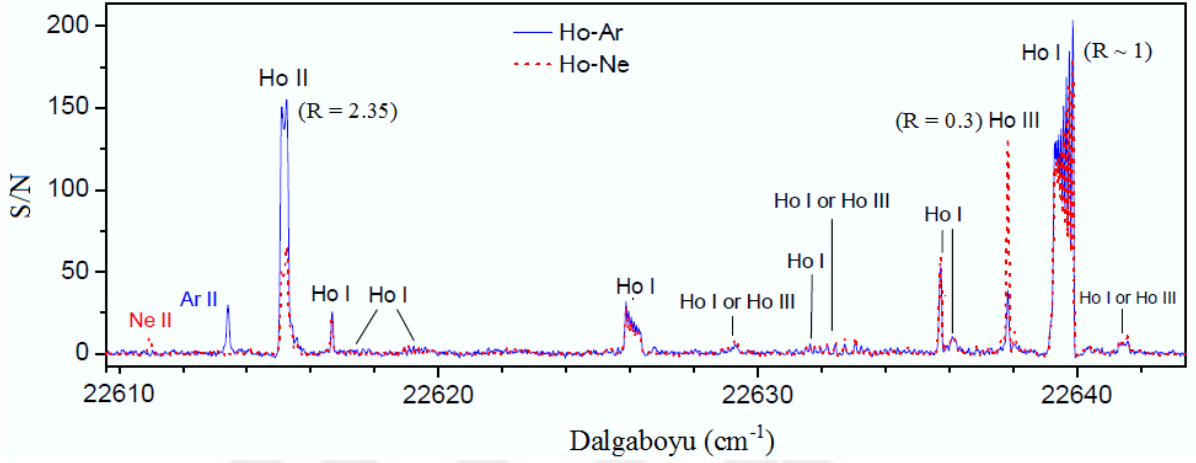
Elementin CLASS-LW programı ile analizi sonucunda holmiyum elementinin nötral (Ho I), birinci iyonize (Ho II) ve ikinci iyonize (Ho III) hallerine ait toplamda 4193 çizgi tanımlandı.

Parmak izi deseni yardımıyla, $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ aralığında, 588'i ilk kez bu çalışmada olmak üzere 987 çizgi, atomik holmiyuma (Ho I) ait geçişler olarak açıkça sınıflandırıldı. Bu 987 çizgiden 39'u literatürde dalgaboyu tablolarında bulunan ancak sınıflandırılmamış çizgilerdir. Bu çizgiler de ilk defa bu çalışmada sınıflandırıldı. 6'sı ilk kez bu çalışmada olmak üzere, 60 çizgi Ho II geçişleri olarak ve 20 çizgi Ho III çizgileri olarak sınıflandırıldı.

Sınıflandırılan 1067 çizgiye ek olarak, spektrumda çok sayıda çizgi gözlemlendi. Her iki spektrumda da (Ho-Ar ve Ho-Ne) gözlenen ve/veya belli bir aşırı ince yapı gösteren tüm çizgiler Ho elementi olarak tanımlandı. Toplamda, 3126 çizgi, holmiyumun bilinen enerji seviyeleri ile sınıflandırılmamalarına rağmen Ho elementine ait spektral çizgiler olarak tanımlandı.

Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarının analizi sırasında, sınıflandırılan çizgilerin her iki spektrumdan ölçülen S/N oranlarının farklı iyonizasyon seviyeleri için açık bir şekilde farklı ağırlıkta olduğu gözlemlendi. Örneğin, Ho III çizgilerinin, Ho-Ar spektrumunda ölçülen S/N değerinin Ho-Ne spektrumunda ölçülen S/N değerine göre daha küçük olduğu veya Ho II

çizgilerinin Ho-Ar spektrumunda ölçülen S/N değerinin Ho-Ne spektrumunda ölçülene göre çok daha büyük olduğu gözlemlendi. Şekil 3.33'te, her iki asal gazla ölçülen FT spektrumunun bir kısmı görülmektedir. Her bir çizgi ait olduğu spektral geçişe göre etiketlenmiştir. Net bir şekilde gözlemlenen üç şiddetli çizgi için R oranı da şekilde belirtilmiştir.



Şekil 3.33: Ho-Ar ve Ho-Ne plazmalarının FT spektrumunu temsil eden bir bölümü. Ho I, Ho II ve Ho III çizgileri ile Ar ve Ne asal gaz çizgileri görülmektedir. Ho I, Ho II, and Ho III çizgileri ve asal gaz çizgileri de görülmektedir. Skalanın yeterli olmaması sebebi ile tanımlanan bütün çizgiler etiketlenmemiştir.

Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarındaki her çizgi için S/N değerlerinin birbirine oranının veren

$$R = \frac{\text{Ho - Ar spektrumunda gözlenen S/N}}{\text{Ho - Ne spektrumunda gözlenen S/N}} \quad (3.100)$$

şeklinde bir “ R ” katsayısı tanımlandı. Her bir çizginin R katsayısı hesaplandı ve farklı iyonizasyon seviyelerine ait çizgilerin R oranının farklı aralıklar içerisinde değiştiği gözlemlendi. Tablo 3.1’de, sınıflandırılan çizgilerin iyonizasyon derecelerine göre, R katsayısının aldığı minimum, maksimum ve ortalama değerleri gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Atomik ve iyonize Ho çizgileri için, S/N şiddetinin Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumları arasındaki R oranı.

Sınıflandırılan Çizgilerin Sayısı		R		
		Ort. Değer	Minimum	Maksimum
Ho I	987	1.14 (18)	0.67	1.69
Ho II	60	2.5 (5)	1.75	4.00
Ho III	20	0.28 (9)	0.18	0.36

Bu aralıklar kullanılarak daha önceki çalışmalarda ve bu çalışmada sınıflandırılmayan çizgilerin daha fazla analizi için, R oranları hesaplandı. Tüm çizgiler R katsayılarının iyonizasyon derecelerine bağlı değişimine göre, Tablo 3.1'de belirtilen aralıklara uygun olarak, gruplandırıldı. Farklı iyonizasyon derecelerine bağlı olarak R katsayısının aldığı değerler şu aralıktadır:

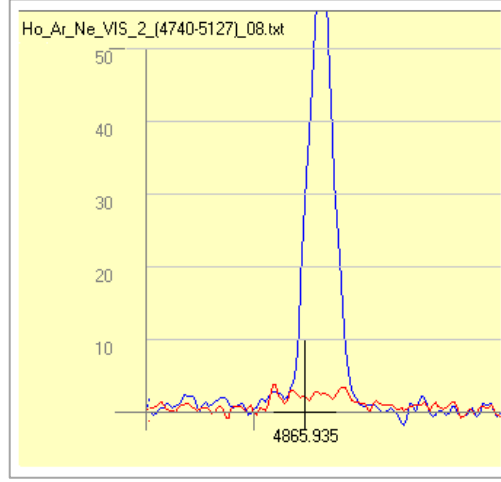
$$\text{Ho I; } 0.8 < R < 1.4$$

$$\text{Ho II; } 1.8 < R$$

$$\text{Ho III; } R < 0.3$$

Görüldüğü gibi aralıkların tanımı çok keskin olmamakla beraber, sınıflandırılan çizgiler için R katsayısının belirlenmesi sınıflandırılmayan çizgiler için oldukça iyi bir tanımlama yapılmasına olanak sağlamıştır. Şekil 3.33'te, sol tarafta Ar II çizgisinden hemen sonra gözlenen Ho II çizgisinin R oranının 2'den büyük olduğu göze çarpmaktadır. Daha ileride şeklin sağ tarafında görülen Ho III çizgisi için ise R , 0.3 değerini almaktadır. Şekilde etiketlenen diğer çizgiler skalanın yeterli olmaması sebebiyle çok net görülememektedir.

Bir Ho çizgisi ile asal gaza ait bir çizgi blend olduğunda çizginin bu asal gaz ile ölçülen spektrumundaki şiddeti (S/N) tam olarak ölçülemeyebilir. Bu durum, spektrumlardaki 7 çizgi için gözlenmiş ve bu çizgilerin R oranı belirlenememiştir. Şekil 3.34'te buna bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.34: Bir Ar II çizgisiyle blend olan Ho çizgisi için S/N değerinin kesin olarak belirlenemediği duruma bir örnek. x-ekseni, Å cinsinden dalgaboyunu ve y-ekseni relatif şiddeti göstermektedir.

Tanımlanan Çizgilerin Kalibrasyonu

Holmiyum elementinin spektrumu, taşıyıcı gaz olarak Argon ve Neon asal gazlarının kullanıldığı plazma ortamında, iki ayrı emisyon spektrumu olarak (Ho-Ar ve Ho-Ne), Fourier Transform Spektroskopi yöntemi ile ölçüldü. Ölçülen Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarında, sırasıyla Ar ve Ne çizgilerinin dalgaboyu (λ) ve dalgasayısı (σ) değerleri literatürden bilinen değerler ile karşılaştırıldığında çizgilerde referans değerlerine göre kayma olduğu gözlemlendi. Bu sebeple, spektrumdaki çizgilerin yerinin daha hassas belirlenebilmesi ve çalışmanın sonraki aşamasında Fitter programı kullanılarak elde edilen fit sonuçlarının daha anlamlı olarak değerlendirilebilmesi için spektrumlar kalibre edildi.

Ho-Ar spektrumunu kalibre etmek için, 400 – 740 nm dalgaboyu aralığında, Learner & Thorne yayınından [61] Ar II'ye ait 25 spektral çizgi ile *NIST Atomic Spectra Database (ver. 5.5.6)*'den [62] Ar I'e ait 13 ve Ar II'ye ait 23 spektral çizgi referans olarak seçildi. Ho-Ne spektrumu için ise, 540 – 660 nm dalgaboyu aralığında, *NIST Atomic Spectra Database (ver. 5.5.6)*'den [62] yalnızca Ne I için 6 çizgi referans çizgisi olarak seçildi. Spektrumların kalibre edilmesinde kullanılan referans çizgileri, spektrumda güçlü olarak gözlemlenebilme, diğer çizgilerden yeterince ayrılmış olma ve ağırlık merkezlerinin kesin bir doğrulukla belirlenebilir olma özellikleri dikkate alınarak seçildi. Bu referans çizgilerinin, Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarındaki Argon ve Neon çizgileri ile dalgaboyu ve dalgasayısı olarak karşılaştırması ve deneysel spektrumların kalibrasyonu, sırasıyla Tablo 3.2 ve 3.3'te verilmiştir.

Deneysel spektrumların kalibre edilebilmesi için, yukarıda verilen kaynaklardan alınan spektral çizgilerin dalgasayıları (σ_{referans}) ve bu çizgilerin dalgasayıları ile deneysel olarak bu çalışmada ölçülen spektral çizgilerin dalgasayıları (σ_{deneysel}) arasındaki farka $\Delta\sigma_{\text{ref.-den.}}$ bağlı doğrunun,

$$y = ax + b \quad (3.101)$$

şeklindeki denklemi hesaplanır. En uygun doğrunun hesaplanması için,

$$a = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \text{ ve } b = (\bar{y} - a\bar{x}) \quad (3.102)$$

formülleri kullanılarak "en küçük kareler" yöntemi ile doğruyu tanımlayan a ve b sabitleri ile Δa ve Δb hataları bulunur. Kalibre edilen dalgasayısı (σ_{referans}), a ve b katsayılarına bağlı olarak,

$$\sigma_{\text{kalib.}} = \sigma_{\text{den.}} + (a * \sigma_{\text{den.}}) + b \quad (3.103)$$

formülü ile hesaplanır. "En küçük kareler" yöntemi ile yapılan hesap sonucunda, Ho-Ar spektrumu için,

$$a \pm \Delta a = (4.70 \pm 0.74) * 10^{-7} \text{ ve } b \pm \Delta b = (5.77 \pm 15.50) * 10^{-4} \quad (3.104)$$

ve Ho-Ne spektrumu için,

$$a \pm \Delta a = (4.64 \pm 2.29) * 10^{-7} \text{ ve } b \pm \Delta b = (1.28 \pm 3.80) * 10^{-3} \quad (3.105)$$

değerleri bulundu. Her iki spektrumda da, hatanın, b'nin kendi değerinden daha büyük olması sebebi ile dalgasayısı için kalibrasyon formülü yalnızca, a doğrunun eğimine bağlı olarak şu şekilde düzenlendi:

$$\sigma_{\text{kalib.}} \cong \sigma_{\text{den.}} + (a * \sigma_{\text{den.}}) \quad (3.106)$$

Tablo 3.2: Ho - Ar spektrumundaki asal gaz çizgilerinin literatür değerleri ile karşılaştırılması ve kalibrasyonu.

$\sigma_{\text{ref.}}$ (cm^{-1})	$\lambda_{\text{ref.}}$ (Å)	$\sigma_{\text{den.}}$ (cm^{-1})	$\lambda_{\text{den.}}$ (Å)	$ \Delta\sigma_{\text{den.}} $ (cm^{-1})	$\Delta\lambda_{\text{den.}}$ (Å)	$\sigma_{\text{kalib.}}$ (cm^{-1})	$ \Delta\sigma_{\text{kalib.}} $ (cm^{-1})	Ref.	Çizgi
13545.628	7380.423	13545.621	7380.427	0.007	0.004	13545.628	0.000	[62]	Ar II
14570.543	6861.269	14570.537	6861.272	0.007	0.003	14570.544	0.001	[62]	Ar II
14804.511	6752.834	14804.505	6752.837	0.006	0.003	14804.513	0.002	[62]	Ar I
14972.020	6677.282	14972.014	6677.285	0.006	0.003	14972.021	0.001	[62]	Ar I
15047.704	6643.697	15047.697	6643.700	0.007	0.003	15047.705	0.001	[62]	Ar II
15047.704	6643.697	15047.697	6643.701	0.007	0.003	15047.705	0.000	[62]	Ar II
16348.910	6114.923	16348.901	6114.927	0.009	0.003	16348.909	0.001	[62]	Ar II
16348.910	6114.923	16348.902	6114.926	0.008	0.003	16348.910	0.000	[62]	Ar II
16573.310	6032.127	16573.301	6032.131	0.009	0.004	16573.309	0.001	[62]	Ar I
16909.820	5912.085	16909.812	5912.088	0.008	0.003	16909.820	0.000	[62]	Ar I
16977.310	5888.584	16977.294	5888.588	0.016	0.004	16977.303	0.007	[62]	Ar I
17830.750	5606.733	17830.739	5606.736	0.011	0.003	17830.748	0.002	[62]	Ar I
18190.410	5495.874	18190.401	5495.878	0.009	0.004	18190.410	0.000	[62]	Ar I
18521.890	5397.516	18521.881	5397.519	0.009	0.003	18521.890	0.000	[62]	Ar II
19352.798	5165.773	19352.789	5165.775	0.009	0.002	19352.798	0.001	[62]	Ar II
19429.769	5145.308	19429.760	5145.311	0.009	0.002	19429.770	0.001	[61]	Ar II
19749.387	5062.037	19749.377	5062.040	0.010	0.003	19749.387	0.000	[61]	Ar II
19749.387	5062.037	19749.377	5062.040	0.010	0.003	19749.387	0.000	[62]	Ar II
19749.387	5062.037	19749.377	5062.040	0.010	0.003	19749.387	0.000	[62]	Ar II
19957.165	5009.334	19957.157	5009.337	0.009	0.002	19957.167	0.001	[61]	Ar II
20106.374	4972.160	20106.363	4972.163	0.012	0.003	20106.373	0.002	[61]	Ar II
20265.124	4933.209	20265.114	4933.212	0.010	0.003	20265.124	0.000	[61]	Ar II
20448.194	4889.042	20448.184	4889.045	0.010	0.003	20448.194	0.000	[61]	Ar II
20486.655	4879.863	20486.646	4879.866	0.009	0.002	20486.656	0.002	[61]	Ar II
20486.655	4879.864	20486.643	4879.866	0.012	0.003	20486.653	0.001	[62]	Ar II
20545.398	4865.911	20545.389	4865.913	0.009	0.002	20545.399	0.001	[62]	Ar II
20622.112	4847.809	20622.101	4847.812	0.011	0.003	20622.111	0.001	[61]	Ar II
20801.421	4806.020	20801.412	4806.023	0.009	0.002	20801.423	0.001	[61]	Ar II
20981.089	4764.864	20981.077	4764.867	0.011	0.003	20981.088	0.001	[61]	Ar II
21109.380	4735.906	21109.370	4735.908	0.010	0.002	21109.381	0.001	[61]	Ar II
21149.740	4726.868	21149.729	4726.871	0.010	0.002	21149.740	0.000	[61]	Ar II
21149.740	4726.868	21149.732	4726.870	0.008	0.002	21149.742	0.003	[62]	Ar II
21260.170	4702.316	21260.156	4702.319	0.014	0.003	21260.166	0.004	[62]	Ar I
21462.888	4657.901	21462.877	4657.904	0.011	0.003	21462.888	0.000	[61]	Ar II
21831.045	4579.349	21831.035	4579.352	0.010	0.002	21831.046	0.001	[61]	Ar II
21995.783	4545.052	21995.772	4545.054	0.011	0.002	21995.783	0.000	[61]	Ar II
22163.130	4510.733	22163.119	4510.735	0.011	0.002	22163.130	0.000	[62]	Ar I
22561.953	4430.996	22561.944	4430.998	0.009	0.002	22561.955	0.002	[61]	Ar II
22566.065	4430.189	22566.056	4430.191	0.008	0.002	22566.068	0.003	[61]	Ar II
22587.416	4426.001	22587.406	4426.003	0.010	0.002	22587.417	0.001	[61]	Ar II

Tablo 3.2 (devam): Ho-Ar spektrumundaki asal gaz çizgilerinin literatür değerleri ile karşılaştırılması ve kalibrasyonu.

$\sigma_{\text{ref.}}$ (cm^{-1})	$\lambda_{\text{ref.}}$ (Å)	$\sigma_{\text{den.}}$ (cm^{-1})	$\lambda_{\text{den.}}$ (Å)	$ \Delta\sigma_{\text{den.}} $ (cm^{-1})	$\Delta\lambda_{\text{den.}}$ (Å)	$\sigma_{\text{kalib.}}$ (cm^{-1})	$ \Delta\sigma_{\text{kalib.}} $ (cm^{-1})	Ref.	Çizgi
22715.798	4400.986	22715.790	4400.988	0.009	0.002	22715.801	0.002	[61]	Ar II
22720.391	4400.097	22720.379	4400.099	0.012	0.002	22720.390	0.001	[61]	Ar II
22826.374	4379.667	22826.362	4379.669	0.012	0.002	22826.373	0.001	[61]	Ar II
22970.404	4352.205	22970.391	4352.207	0.013	0.002	22970.403	0.001	[62]	Ar II
22992.278	4348.064	22992.270	4348.066	0.008	0.002	22992.281	0.003	[61]	Ar II
23069.220	4333.561	23069.211	4333.564	0.009	0.003	23069.222	0.002	[62]	Ar I
23077.380	4332.030	23077.366	4332.032	0.014	0.003	23077.378	0.003	[62]	Ar II
23081.802	4331.199	23081.791	4331.202	0.011	0.002	23081.803	0.001	[61]	Ar II
23431.672	4266.527	23431.661	4266.529	0.011	0.002	23431.673	0.001	[61]	Ar II
23471.090	4259.362	23471.079	4259.364	0.011	0.002	23471.091	0.001	[62]	Ar I
23644.302	4228.158	23644.291	4228.160	0.011	0.002	23644.302	0.000	[61]	Ar II
23644.302	4228.158	23644.291	4228.160	0.011	0.002	23644.302	0.000	[62]	Ar II
23812.360	4198.317	23812.347	4198.319	0.013	0.002	23812.359	0.001	[62]	Ar I
24196.152	4131.723	24196.138	4131.726	0.014	0.002	24196.150	0.002	[62]	Ar II
24505.448	4079.573	24505.435	4079.576	0.013	0.002	24505.447	0.001	[62]	Ar II
24548.708	4072.384	24548.694	4072.387	0.014	0.002	24548.706	0.002	[62]	Ar II
24550.999	4072.004	24550.985	4072.007	0.014	0.002	24550.997	0.002	[62]	Ar II
24718.450	4044.418	24718.441	4044.420	0.010	0.002	24718.453	0.003	[62]	Ar I
24727.775	4042.893	24727.761	4042.896	0.014	0.002	24727.773	0.001	[62]	Ar II
24783.462	4033.809	24783.446	4033.812	0.016	0.003	24783.458	0.003	[62]	Ar II

Notlar — $\sigma_{\text{ref.}}/\text{cm}^{-1}$: Geçişin dalgasayısının literatür değeri;

$\lambda_{\text{ref.}}/\text{Å}$: Geçişin dalgaboyunun literatür değeri;

$\sigma_{\text{den.}}/\text{cm}^{-1}$: Geçişin dalgasayısının deneysel spektrumda ölçülen değeri; $\lambda_{\text{den.}}/\text{Å}$: Geçişin dalgaboyunun deneysel spektrumda ölçülen değeri;

$|\Delta\sigma_{\text{den.}}|/\text{cm}^{-1}$: Geçişin dalga sayısının deneysel spektrumda ölçülen değeri ile literatür değeri arasındaki farkın mutlak değeri;

$\Delta\lambda_{\text{den.}}/\text{Å}$: Geçişin dalgaboyunun deneysel spektrumdan ölçülen değeri ile literatür değeri arasındaki fark;

$\sigma_{\text{kalib.}}/\text{cm}^{-1} = \sigma_{\text{den.}} + (\sigma_{\text{den.}} \cdot a) + b$: Kalibrasyon formülü ile kalibre edilen dalgasayıları;

$|\Delta\sigma_{\text{kalib.}}|/\text{cm}^{-1}$: Geçişin dalga sayısının kalibre edildikten sonraki değeri ile literatür değeri arasındaki farkın mutlak değeri

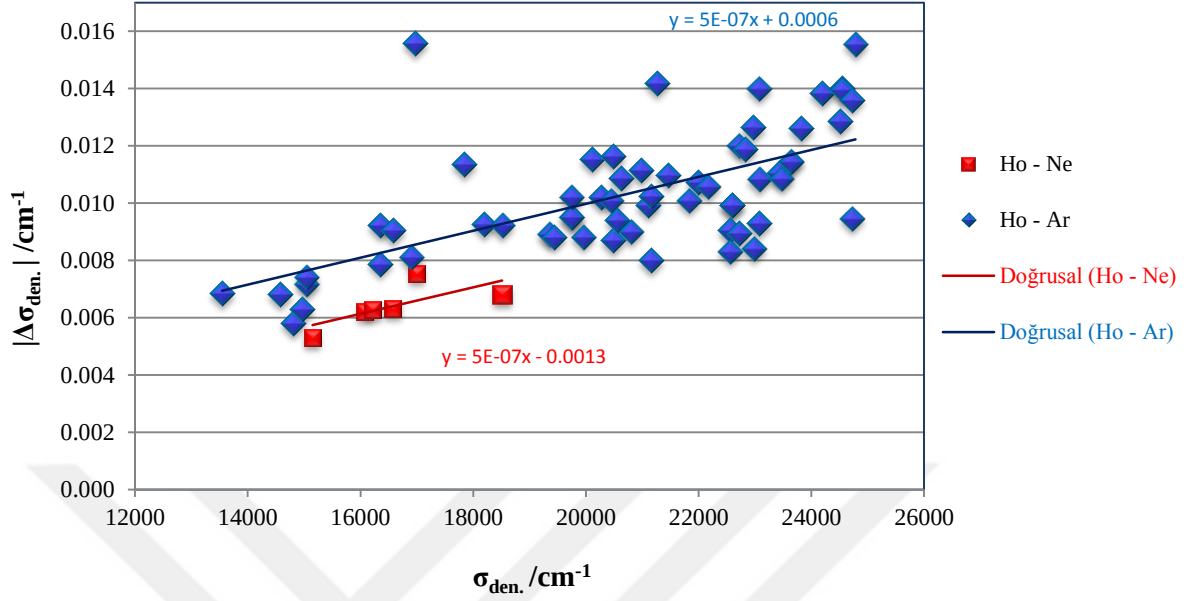
Ref.: Geçişin literatürden alınan referansı.

Çizgi.: Geçişin ait olduğu element ve iyonizasyon derecesi.

Tablo 3.3: Ho - Ne spektrumundaki asal gaz çizgilerinin literatür değerleri ile karşılaştırılması ve kalibrasyonu.

$\sigma_{\text{ref.}}$ (cm^{-1})	$\lambda_{\text{ref.}}$ (Å)	$\sigma_{\text{den.}}$ (cm^{-1})	$\lambda_{\text{den.}}$ (Å)	$ \Delta\sigma_{\text{den.}} $ (cm^{-1})	$\Delta\lambda_{\text{den.}}$ (Å)	$\sigma_{\text{kalib.}}$ (cm^{-1})	$ \Delta\sigma_{\text{kalib.}} $ (cm^{-1})	Ref.	Çizgi
15149.735	6598.953	15149.730	6598.955	0.005	0.002	15149.737	0.002	[62]	Ne I
16079.752	6217.281	16079.746	6217.284	0.006	0.002	16079.754	0.001	[62]	Ne I
16219.813	6163.594	16219.806	6163.596	0.006	0.002	16219.814	0.001	[62]	Ne I
16579.166	6029.997	16579.159	6029.999	0.006	0.002	16579.167	0.001	[62]	Ne I
16996.613	5881.895	16996.606	5881.898	0.008	0.003	16996.613	0.000	[62]	Ne I
18511.446	5400.562	18511.439	5400.564	0.007	0.002	18511.448	0.002	[62]	Ne I

Notlar için bakınız Tablo 3.2.



Şekil 3.35: Dalgasayılarının deneysel spektrumda belirlenen değerleri ve referans değerleri arasındaki farkın dalgasayısına bağlı grafiği lineerize olarak artmaktadır.

Şekil 3.35'te görüldüğü üzere dalgasayılarının deneysel spektrumda belirlenen değerleri ($\sigma_{den.}$) ve referans değerleri ($\sigma_{ref.}$) arasındaki farkın ($|\Delta\sigma_{ref.}|$) dalgasayısına ($\sigma_{den.}$) bağlı grafiği lineerize olarak artmaktadır. Spektrumun kalibre edilmesinden sonra sistematik kaymanın 0.005 cm^{-1} olduğu hesaplanmıştır. CLASS-LW'da, çıkış dosyasından okunan dalgaboyları, aşağıdaki dispersiyon formülünde [64] kullanılarak çizgilerin hava ortamındaki dalgasayıları hesaplandı. Bulgular bölümündeki tablolarda verilen dalgasayıları, hesaplanan bu dalgasayılarının (3.107) denklemi ile kalibre edilmesinden sonra elde edildi.

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \frac{10000000}{1 + \frac{0.05792105}{238.0185 - (\lambda/1000)^{-2}} + \frac{0.00167917}{(57.362 - (\lambda/1000)^{-2})}} \quad (3.107)$$

3.6.2. “Fitter” Bilgisayar Programı

Çalışmanın bu kısmında, atomik holmiyumun bilinmeyen A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitlerinin, FITTER [7] programı ile belirlenmesi amaçlandı. *Fitter* programında, şiddet dağılımına bağlı verilen her bir deneysel spektrum ile geçişe ait bilgiler kullanılarak program tarafından çizilen teorik spektrum arasındaki frekans, şiddet ve yarı genişlikteki fark minimuma indirgenerek A ve B aşırı ince yapı sabitlerinin optimum değerleri

hesaplanır. Program, fit işlemini döngüsel olarak en küçük kareler yöntemini [63] kullanarak yapar. İncelenen her bir aşırı ince yapı bileşeninin,

- x-eksenindeki yeri
- şiddeti
- F kuantum sayısı

değerlerini hesaplayarak çizginin ağırlık merkezini, yarı genişliğini ve alt/üst enerji seviyelerinin aşırı ince yapı sabitlerini bulur.

Fitter programında, çizginin analizine başlamadan önce programın giriş ve çıkış dosyalarının yer aldığı klasörlerin oluşturulması gerekir. Her klasör, incelenmek istenen her bir spektral geçiş için ayrı ayrı oluşturulur. Bu klasörler şöyle sıralanabilir:

- *arb* Klasörü: Bu klasör başlangıçta boş bir klasördür. Spektral çizgi fit edildikten sonra program tarafından klasörün içinde *aus*, *bf*, *bw* ve *stw* çıkış dosyaları program tarafından oluşturulur. Spektral çizginin fit edilmesinden sonra iterasyon sonucu deneysel ve teorik spektrum arasındaki fark minimuma ulaşır. *aus* dosyası, çizginin ağırlık merkezi, yarı genişliği, alt ve üst enerji seviyelerinin ince yapı sabitleri, geçişteki aşırı ince yapı bileşenlerinin F kuantum sayıları, şiddetleri ve frekans eksenindeki yerleri bilgilerini içerir.
- *mes* Klasörü: *mes* giriş dosyasını içerir. Her çizgi, şiddetin dalgasayısına bağlı değişimi olarak kaydedilen deneysel spektrumlardan tek tek kesilir. *mes* dosyası sırasıyla, çizgi spektrumunun x ekseninde okunan dalga sayısı ve y ekseninden okunan şiddet bilgilerinin bulunduğu iki kolondan oluşur.
- *lin* Klasörü: *lin* ve *par* isimli iki giriş dosyasını içerir. *lin* dosyaları, incelenen spektral bölgenin taradığı dalga sayılarını gösteren tek kolondan oluşur. *lin* ve *mes* dosyalarının fit işleminde okunabilmesi için “.par” uzantılı parametre bilgilerini içeren bir dosyanın da oluşturulması gerekir. *Fitter*, deneysel spektrumu lineerize ederek şiddet dağılımının frekansa bağlı bir $I(\nu)$ fonksiyonuna dönüştürür. Bu lineerize işlemi, spektrumun başlangıç dalgaboyu, spektrumdaki data sayısı ve art arda gelen iki data arasındaki frekans cinsinden farkı bilgilerini içeren *par* dosyası tarafından gerçekleştirilir.
- *ein* Klasörü: Programın çalıştırıldığı ara yüzü oluşturan giriş dosyasını içerir. Program çalıştırıldıktan sonra açılan bu ara yüze her spektral çizgi için şu bilgiler girilir:
 - İncelenen elementin İzotop Sayısı veya iki çizgi blend olduysa incelenmek istenen Çizgi Sayısı
 - Herbir izotopun/çizginin katkı oranları

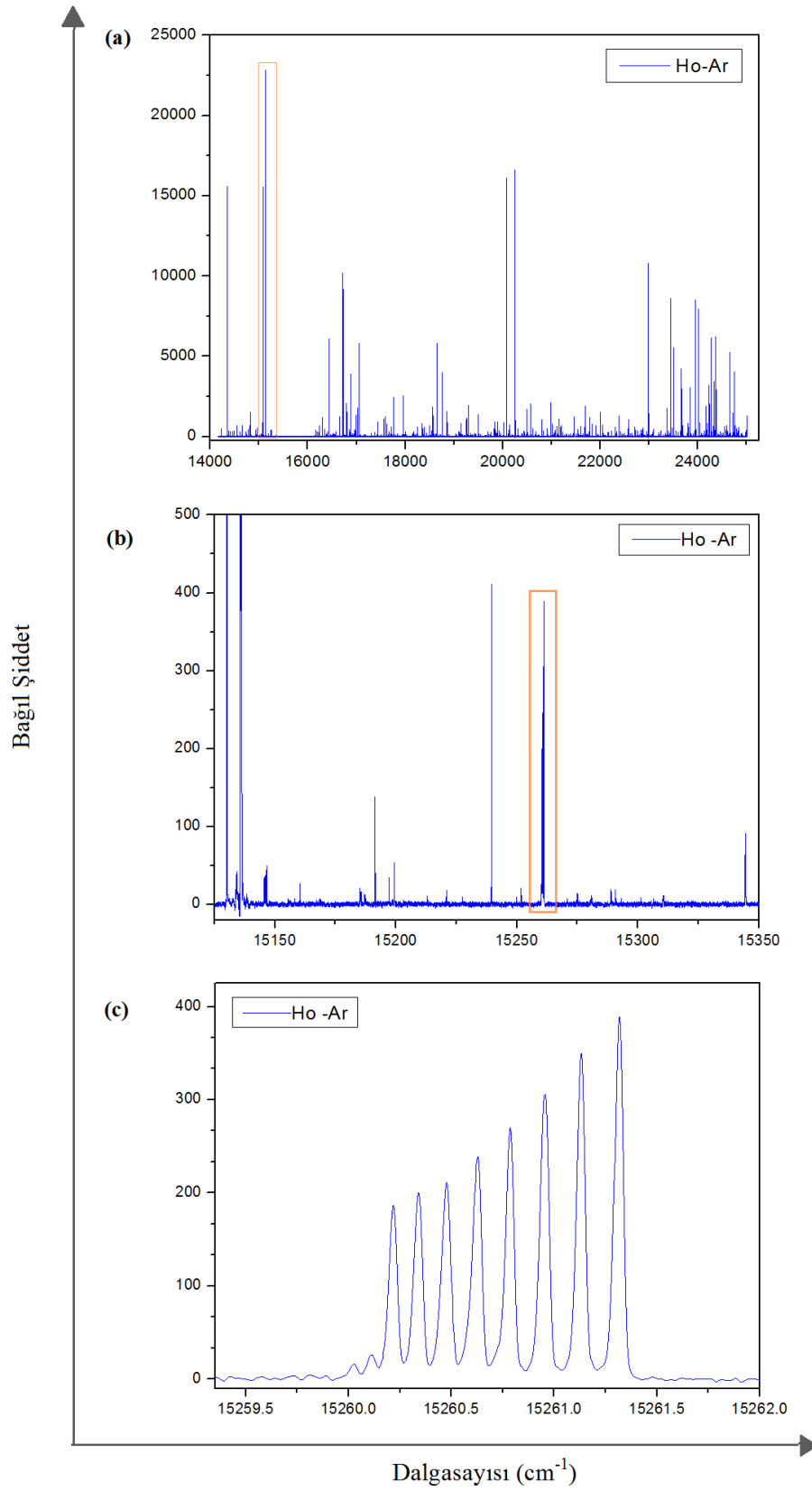
- Elementin I çekirdek spini
- Spektrumun kaydedildiği yönteme bağlı olarak fit işleminde kullanılacak çizgi profili
- Spektrumun kaydedildiği yönteme bağlı olarak Spektral çizginin öngörülen yarı genişliği
- Yarı genişliğe Gauss ve Voigt katkı oranı
- Spektrumdaki en şiddetli pikin yatay eksenindeki yeri
- Spektral geçişin alt ve üst enerji seviyelerinin J kuantum sayıları
- Biliniyorsa alt ve/veya üst enerji seviyelerinin A ve/veya B aşırı ince yapı sabitleri
- Başlangıç ve bitişteki gürültü yüksekliği

Ayrıca, ayrışmamış spektral çizgiler için aşırı ince yapı geçişlerinin şiddetleri, $\Delta F = 0, \pm 1$ değerlerine sahip gruplar içinde birbirine bağlanır. Eğer spektral geçiş yeterince ayrışmamış ise, her bir aşırı ince yapı geçişi en şiddetli aşırı ince yapı geçişi ile bağlanır.

Aşırı İnce Yapı Analizi

Bu tez çalışmasında, Holmiyum atomuna ait enerji seviyelerinin bilinmeyen aşırı ince yapı sabitlerini bulmak amacıyla toplam 164 spektral geçiş incelendi. Çizgiler, S/N değerlerinin yüksek olması ve aşırı ince yapılarının iyi ayrışmış olması dikkate alınarak seçildi. Seçilen her bir çizginin aşırı ince yapı analizi için, FT spektroskopi yöntemi ile kaydedilen spektrumdan çizginin olduğu spektral aralık kesildi.

Şekil 3.36 (a)'da, Ho – Ar plazma ortamında, $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı aralığında kaydedilen tüm FT spektrumu, (b)'de analiz edilmek üzere kesilecek çizgiye yaklaşıldığında görülen spektral aralık ve (c)'de analiz edilmek üzere kesilecek olan $\sigma = 15260.82 \text{ cm}^{-1}$ geçişi görülmektedir. İncelenen spektral geçişin aşırı ince yapı genişliğine bağlı olarak kesilen spektrumların genişliği, $1.8 - 7 \text{ GHz}$ ($0.6 - 2.3 \text{ cm}^{-1}$) aralığında değişmektedir.



Şekil 3.36 (a): Ho - Ar plazma ortamında kaydedilen, 14280 – 25000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki tüm FT spektrumu, **(b):** analiz edilmek üzere kesilecek olan çizgiye yaklaşıldığında görülen spektral aralık ve **(c):** analiz edilmek üzere kesilecek olan $\sigma = 15260.82$ cm⁻¹ spektral geçişi.

Çizgiler tüm spektrumdan kesildikten sonra, her spektral çizgi için, giriş klasörlerinden oluşan ve geçişin dalgasayısı ile adlandırılan bir klasör oluşturuldu. Çizgi spektrumunda, şiddetin dalga sayısına bağlı değişimini gösteren *mes* dosyası oluşturuldu. Spektral geçişin şiddet (S/N) değerlerinden oluşan *lin* dosyası da *mes* dosyasından elde edildi. *par* dosyasına, *mes* dosyasındaki başlangıç dalgaboyu, data sayısı, ardışık iki dalga sayısı arasındaki MHz cinsinden fark yazıldı ve program çalıştırıldı. *Fitter* programı çalıştırıldığında görülen ekran Şekil 3.37’de gösterilmektedir. Ekranda görülen her bir satır programa verilen komutları göstermektedir. Programın dili Almanca’dır.

```

91 0.001 10 // Fitverfahren (klassisch 1, Einzellinien 2)
1 // Anzahl der Isotope
8.5 // Jo
7.5 // Ju
3.5 // I
1 // Häufigkeit
0 // Offsetfrequenz
1 53500 // Lage der höchsten Komponente
1534 -1360 1140.1 -243 // Ao, Bo, Au, Bu
0.0 0.0 // Untergrund
7 // Modellfunktion (Gauss)
1400 // HWB
0.90 //
1 1 0 0 1 1 1 // Steuerparameter: Ao, Bo, Au, Bu, nus, hwbG,
0 0 // Steuerparameter Untergrund
NE // Cross-Over Resonanzen
ja // Intensitäten im th. Verh. koppeln ?
21 1 //
20 1 //
19 1 //
18 1 //
17 1 //
16 1 //
15 1 //
14 1 //
13 1 //
12 1 //
11 1 //
10 1 //
9 1 //
8 1 //
7 1 //
6 1 //
5 1 //
4 1 //
3 1 //
2 1 //
NE // Intensitäten mit bel. Verh. koppeln ?
NE // Hyperfeinkonstanten koppeln ?
NE // Halbwertsbreite/Kurvenformparameter koppeln ?
NE // Abs. Isotopieverschiebung vorgeben ?
NE // Rel. Isotopieverschiebung vorgeben ?
NE // Abs. Abstände vorgeben
NE // Rel. Abstände vorgeben
NE // Intensitäten zusammenfassen ?
NE // Intensitäten vorgeben ?
NE // Fitintervalle vorgeben ?
NE // Guelenintervall vorgeben?Etkinleştir

```

Şekil 3.37: *Fitter* programına ait fit işlemi için kullandığı parametrelerin girildiği ekran.

Program fit işlemine başlamadan önce giriş ekranında (Şekil 3.37) geçiş ile ilgili bazı parametrelerin tanımlanması gerekir. Bu parametreler sabit ve değişken olmak üzere ikiye ayrılır:

✓ Sabit parametreler:

- Kullanılan yönteme bağlı olarak fit profili
- İzotop Sayısı
- Spektral geçişin alt ve üst seviyelerinin J kuantum sayıları
- İncelenen izotopun çekirdek spini
- Yarı Genişlik Profili

✓ Değişken parametreler:

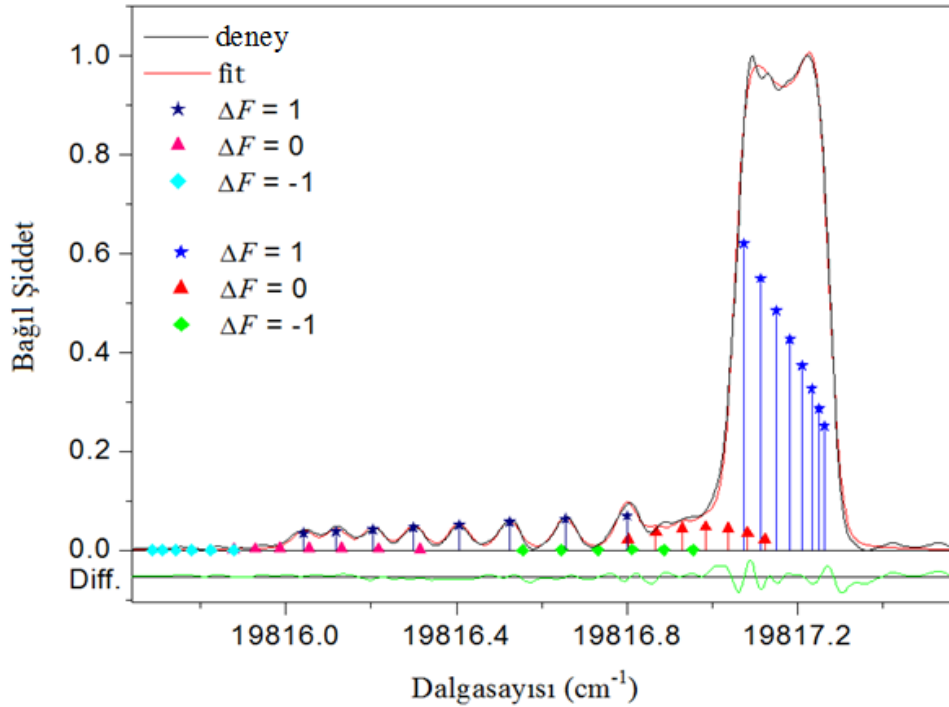
- Aşırı ince yapı bileşenlerinin frekans eksenindeki konumu,
- Üst ve alt seviyelerin A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabiti,
- Çizginin y -eksenindeki gürültü yüksekliği (başında ve sonunda)
- Aşırı ince yapı bileşenlerinin yarı genişliği,
- Yarı Genişlik için Gaussian/Voigt Oranı,
- Parametre Satırı: *ein* dosyasında, değişken parametreler de kesin olarak biliniyorsa fit işlemi boyunca sabit tutulabilir. Sabit tutulan parametreler için “0”, değişmekte serbest bırakılan parametreler için ise “1” değeri atanır. Bu parametre satırında, literatürden iyi bilinen A ve/veya B aşırı ince yapı sabitleri için “0” değeri atanır. “0” değeri atanan değerler, fit işleminde sabit olarak hesaba dahil edilir, serbest bırakılan değerler ise iterasyona dahil olur. Program, bir çizginin tüm aşırı bileşenleri için aynı profil parametrelerini kullanır. Alt veya üst seviyenin A ve B aşırı ince yapı sabitleri literatürden bilinen değerleri ile sabit tutularak diğer seviyenin A ve B aşırı ince yapı sabitleri daha küçük bir sapmayla bulunabilir. Eğer her iki seviyenin de A ve B aşırı ince yapı sabitleri bilinmiyorsa bu değerlerin tümü serbest bırakılabilir. Spektrumun başlangıç ve bitişindeki gürültü yüksekliği değerleri, çizginin yeri, yarı genişliği ve G/V Oranı, değerleri de değişim parametreleri satırında “1” yerine “0” yazılarak sabit tutulabilir.

Ölçülen spektrumun ayrışma derecesine bağlı olarak değişken parametrelerden herhangi biri veya birkaçı sabit tutularak iterasyona dahil olan parametre sayısı azaltılabilir. Bu çalışmada analiz edilen 164 spektral geçişin, aşırı ince yapı bileşenleri kısmen ayrılmış çizgiler olduğundan, alt/üst seviyelerinin A manyetik dipol aşırı ince yapı sabitleri belirlenirken, diğer seviyenin A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitleri, yüksek çözünürlüklü spektroskopik deneylerle belirlenen literatür değerleri ile sabit tutuldu ve parametre sayısı azaltıldı.

Bazı çizgiler komşu çizgilerle *blend* olabilir. Örtüşen aralık yalnızca incelenen çizginin kenarındaysa ve özellikle kalan kısmı etkilemiyorsa, fit işlemi sırasında spektrumun blend olan kısmı fitten hariç tutuldu. Örtüşme, araştırılan çizginin geniş bir bölümüne yayılıyorsa, komşu çizgi de fit işlemine dahil edildi. Bu durumlarda, komşu çizginin her iki seviyesi için hfs sabitleri literatürden bilinen değerleri ile sabitlendi. Böylece komşu çizgi için sadece şiddet ve ağırlık merkezi serbest parametreler olarak tanımlandı.

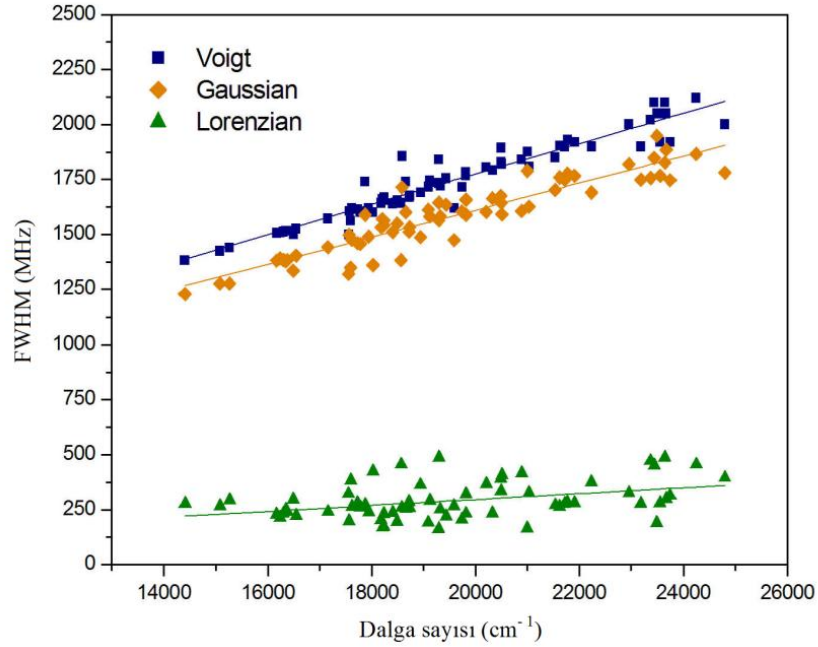
Hfs bileşenleri oldukça iyi ayrılmış çizgilerin *blend* olduğu bir çizgiyi analiz ederken, her iki çizginin de alt/ üst seviyelerinin hfs sabitleri literatürde iyi tanımlanmış olan değerleri ile sabit tutulurken diğer seviyelerin her ikisinin de alt/üst hfs sabitleri serbest bırakıldı. Şekil 3.38’de, bu duruma bir örnek gösterilmektedir.

Bu iki geçiş sırasıyla, $\sigma = 19816.43 \text{ cm}^{-1}$; $29558.07 \text{ cm}^{-1} (J = 21/2) \rightarrow 9741.50 \text{ cm}^{-1} (J = 19/2)$ ve $\sigma = 19817.16 \text{ cm}^{-1}$; $28244.29 \text{ cm}^{-1} (J = 17/2) \rightarrow 8427.11 \text{ cm}^{-1} (J = 15/2)$ ile tanımlanmaktadır. Fit sırasında 28244.29 cm^{-1} ve 29558.07 cm^{-1} üst seviyelerinin hfs sabitleri literatürden bilinen değerleri ile sabit tutulurken 8427.11 cm^{-1} ve 9741.50 cm^{-1} alt seviyelerinin hfs sabitleri araştırılmıştır. Bulunan değerler tablolarda, $\sigma = 19816.43 \text{ cm}^{-1}$ ve $\sigma = 19817.16 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayıları ile ayrı ayrı tanımlanmıştır.



Şekil 3.38: Birlikte fit edilen *blend* olmuş iki komşu çizgi: FT spektrumu ile en iyi fit spektrumu birlikte görülmektedir. Aşırı ince yapı bileşenleri, alt ve üst seviyelerin F toplam açısal momentum kuantum sayıları arasındaki farka bağlı gruplara göre renklendirildi. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir.

Tüm çizgiler için fit sırasında, çizginin şiddet eksenin ortasından ölçülen yarı genişliği -*Full Width at Half Maksimum* (FWHM)- için Voigt çizgi profili kullanıldı. Voigt profilinde, Gaussian kısmın Lorentzian kısma oranı *theta*, 0 ile 1 aralığında değerler alabilir. *ein* dosyasında, *theta* değeri serbest bırakılır ve fit edilen çizginin bütün bileşenleri için aynı değeri alır. Holmiyumun fit işlemi sırasında bu oran 0.60 ile 1.00 aralığında değişim gösterdi. Hfs bileşenlerinin tamamı ayrışmamış çizgiler için serbest bırakılan *theta* parametreleri ile yapılan fit işlemi beklenen değerden sapan, güvenilir FWHM değerlerine yol açabilir. Bu gibi durumlarda, Gauss/Voigt oranı diğer çizgilerden elde edilen Gauss/Voigt oranlarının ortalaması alınarak bulunan 0.90 değerinde sabit tutuldu.



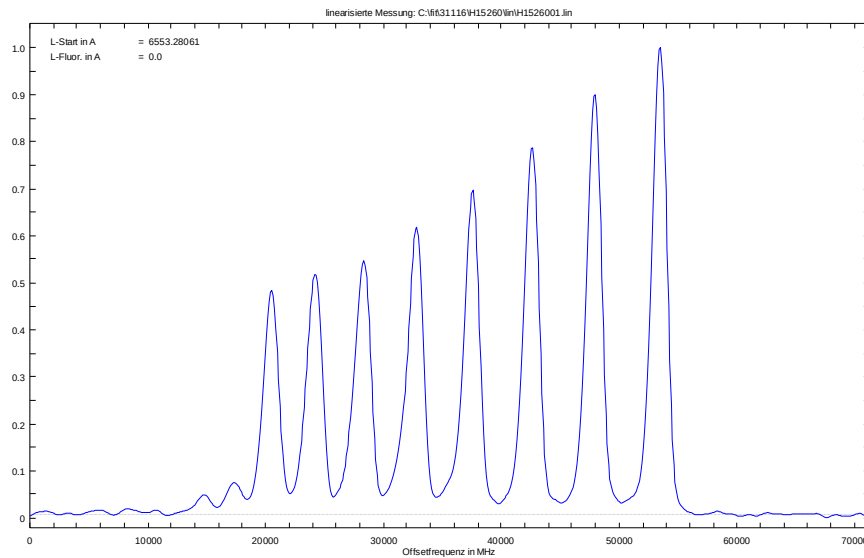
Şekil 3.39: Voigt profilinin FWHM değerlerinin dalgasayısına bağlı fonksiyonu, Lorentzian ve Gaussian bileşenleri. Tüm profiller için, fonksiyonun doğrusal grafiği beklendiği üzere lineer bir artış göstermektedir.

Çizgi genişlemesi, çizgilerin tamamen ayrışmasına engel olur. Ölçülen çizgilerde, Voigt FWHM değerleri ortalama 1800 MHz civarındadır. Bu geniş yarı genişlik nedeniyle tamamen ayrışamayan çizgiler için analiz sırasında, *A* ve *B* hfs sabitleri, iki seviyeden biri için fit işleminde sabit tutuldu. Voigt profili ile fit edilen ve FWHM değerleri serbest bırakılan çizgilerin *aus* dosyasından okunan Lorentzian, Gaussian ve Voigt profilleri için FWHM değerlerinin dalgasayısına göre değişimini gösteren fonksiyon grafiği, Şekil 3.39’da gösterildi. Grafikte ayrıca, her bir profildeki çizgilerin lineer değişimini gösteren doğru grafiği de eklendi. Voigt fwhm doğrusunun eğimi, Gaussian kısmının eğimiyle neredeyse aynıdır,

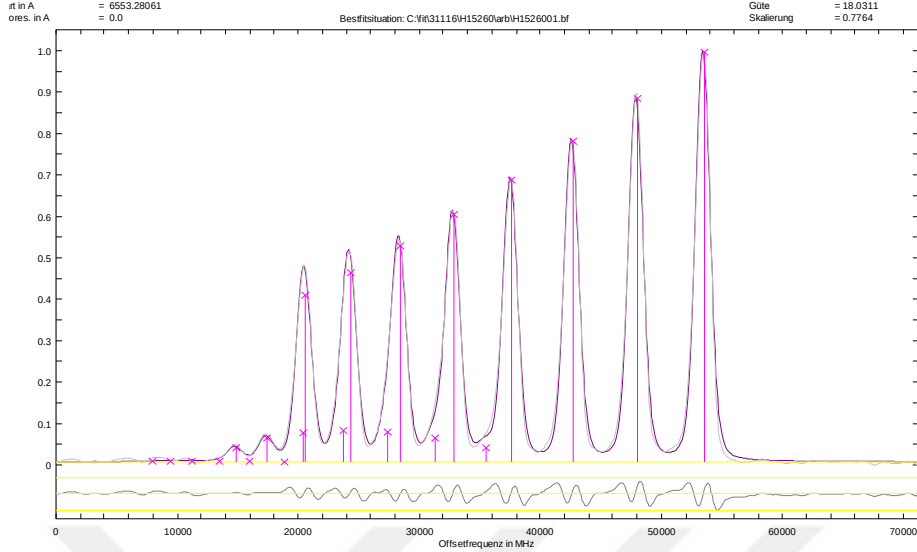
Lorentzian kısmının fwhm değerleri ise çok daha küçük bir eğim göstermektedir. Yaklaşık 300 MHz Lorentzian kısım temel olarak, FT spektrometresinin sebep olduğu genişlemedir. İncelenen çizgiler için doğal çizgi genişliği 300 MHz'den azdır ve Voigt profiline katkısı azdır. Çizginin genişliğinin Gaussian kısmı, katot lambada oluşan Doppler genişlemesinden kaynaklanır ve küçük dalgalı boyları için 1100 MHz ve büyük dalgalı boyları için 1900 MHz aralığında değişir. Sabit yarı genişlik ile fit edilen, ayrışmamış veya kısmen ayrışmış çizgiler için ilgili parametre değerleri, serbest parametre değerleri ile fit sonucu çizilen Şekil 3.39 ile verilen grafik yardımıyla belirlendi.

Şekil 3.40'ta, *Fitter*'de bir spektral geçişin aşırı ince yapısını incelemek amacıyla deneysel spektrumdan kesilen bir çizgi spektrumu görülmektedir. x-ekseni, çizgi genişliğini (MHz) ; y-ekseni ise relatif şiddeti göstermek üzere, $31116.22 \text{ cm}^{-1} (J = 8.5) \rightarrow 15855.28 \text{ cm}^{-1} (J = 7.5)$ cm^{-1} spektral geçişinin çizgi spektrumu verilmektedir. Şekil 3.41'de, bu spektral geçişin, *Fitter* ile fit edilen teorik spektrumu mor renk ile ve deneysel spektrumu da gri renk ile gösterilmektedir. Bu şeklin en altında ise deneysel ve teorik spektrumlar arasındaki fark verilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, bu iki spektrum birbirine oldukça uyumludur.

Program tüm değerleri işleyerek fit işlemini gerçekleştirdikten sonra, deneysel spektrum ile teorik spektrumun arasındaki uyumu gösteren bir "guete" değeri verir. Fitin kalitesinin ifade eden "guete" değerinin artması, teorik ve deneysel spektrumun birbirine yaklaştığını ifade eder ve fit sonuçlarının ne kadar iyi olduğuna işaret eder.

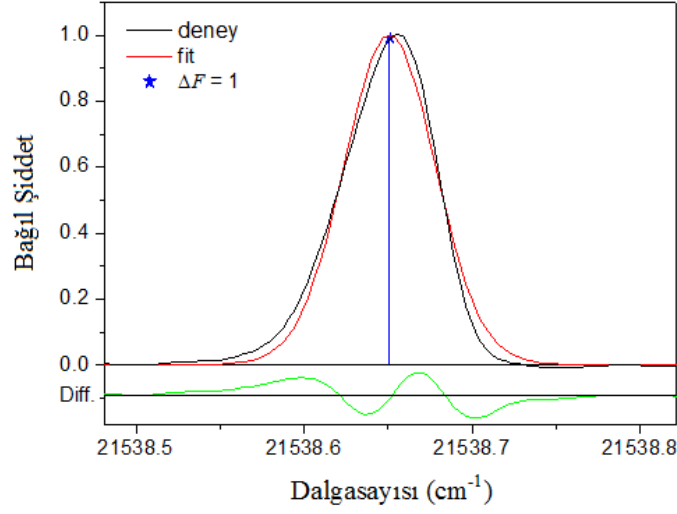


Şekil 3.40: $31116.22 \text{ cm}^{-1} (J = 8.5) \rightarrow 15855.28 \text{ cm}^{-1} (J = 7.5)$ spektral geçişinin lineerize spektrumu. x-ekseni, MHz cinsinden çizgi genişliğini; y eksenini ise şiddeti göstermektedir.



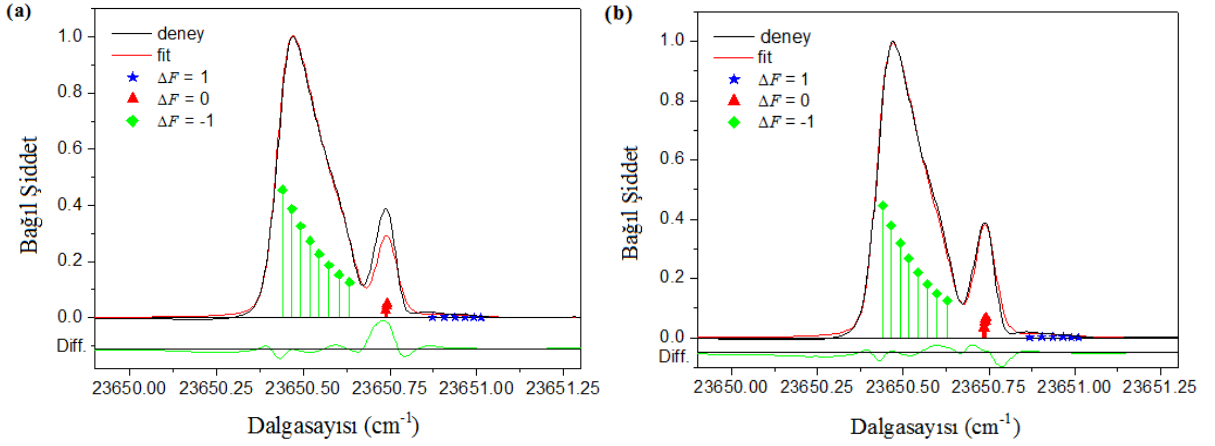
Şekil 3.41: $31116.22 \text{ cm}^{-1} (J = 8.5) \rightarrow 15855.28 \text{ cm}^{-1} (J = 7.5)$ spektral geçişinin *Fitter* ile fit edilen spektrumu. Mor spektrum teorik, gri spektrum deneysel ve "0" ekseninin altındaki koyu gri spektrum deneysel ve teorik spektrumlar arasındaki farkı göstermektedir. x eksen, MHz cinsinden çizgi genişliğini; y eksen ise şiddeti göstermektedir.

Ne yazık ki, spektrumumuzda görülen spektral çizgilerde hafif bir asimetri bulunmaktadır. Bir örnek olarak, Şekil 3.42'de, Voigt profili ve uygun FWHM kullanılarak fit edilen, iyi ayrılmış oldukça şiddetli bir çizginin en şiddetli hfs bileşeni yakından görülmektedir. Deneysel profil ile simüle edilen profil arasında asimetrik bir sapma olduğu görülmektedir. Özellikle, yüksek S/N oranına sahip çizgiler için daha baskın olan asimetri, bu çizgilerde olması beklenen iyi kalitede bir fit elde edilmesini önler ve spektrumumuzdaki hfs sabitlerinin belirlenmesindeki hassasiyeti sınırlar. FT spektrumunda çizgi asimetrisi, ışık sinyali çok yüksek ve çok gürültülü olduğunda oluşabilir. Belirli bir spektrumda çizgilerin bozulması, belirli bir çizginin şiddetine ve spektrumdaki pozisyonuna bağlı olabilir. Ölçümü makul bir şekilde tekrarlamak ve *Fitter* programı ile asimetriyi hesaplamak da mümkün olmadığından, verilen spektrumları analiz etmek için tüm çaba gösterildi ve asimetrinin etkisi, fit sonuçlarında verilen güven aralığı değerlerine yansıtıldı.



Şekil 3.42: Spektrumdaki asimetri: Voigt profili ve uygun fwhm kullanılarak fit edilen, iyi ayrılmış oldukça şiddetli bir çizginin en şiddetli hfs bileşeni. Kırmızı çizgi; Fitter ile çizilen spektrum ve siyah çizgi; deneysel spektruma ait.

Asimetriye ek olarak, bazı çizgilerin güçlü bileşenleri için *doyma (saturasyon) genişlemesi* gözlenmiştir. Bu etki, zayıf bileşenlerde görünür bir şiddet artışına ve güçlü hfs bileşenlerinin genişlemesine yol açar. Sonuç olarak, tüm hfs bileşenlerinin teorik şiddet oranlarının kuplaj edildiği bir fit, etkilenen çizgiler için yetersiz sonuçlara yol açar. Şekil 3.43 (a)'da gösterildiği gibi, güçlü bileşenler fitte zayıf olanlardan daha fazla ağırlık taşıdığından, zayıf hfs bileşenlerinin şiddetleri böyle bir fit ile iyi tanımlanamaz. Bu gibi istisnai durumlarda, örneğin Şekil 3.43 (b)'de gösterildiği gibi, şiddet için iki fit parametresi kullanmaya ve şiddetleri iki grupta kuplaj yapmak daha iyi fit sonuçları verdi; $\Delta J = \Delta F$ olan bileşenler ve diğer bileşenler kendi aralarında kuplaj yapıldı. Bu şekilde fit edilen çizgiler için aşırı ince yapı bileşenlerinin şiddetleri, teorik değerlerden 1.05 ile 1.8 faktör aralığında farklılık gösterir. Asimetri nedeniyle, zayıf bileşenlerdeki şiddet artışına çok daha küçük bir etkisi olan doyma genişlemesi fit işlemi sırasında hesaba katılmadı. Bu nedenle, farklı şiddetlerde elde edilen iyileşmeye rağmen, fiziksel modelleme kusurlu kalmıştır. Asimetri ve saturasyon genişlemesinden etkilenmeyen çizgilerin şiddet parametresi, hfs bileşenlerinin teorik değerleri ile sabit bir oranda kalacak şekilde seçildi. Genel olarak FT spektrumlarında, bir çizgideki tüm hfs bileşenlerinin şiddetleri teorik şiddet oranları ile iyi bir uyum içindedir.



Şekil 3.43:Spektrumumuzda satürasyon etkisi baskın olan bir çizgiye örnek: FT spektrumu ile en iyi fit spektrumu birlikte görülmektedir. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir. Şekilde ayrıca aşırı ince yapı bileşenleri, alt ve üst seviyelerin F toplam açısal momentum kuantum sayıları arasındaki farka bağlı gruplara göre renklendirildi. (a) tek fit parametresi ile fit yapıldığında; aşırı ince yapı bileşenlerinin teorik şiddetleri en şiddetli çizgi ile kuplaj yapıldığında. (b) iki fit parametresi ile fit yapıldığında; $\Delta J = \Delta F$ olan bileşenlerin tümü birbiriyle ve diğer bileşenlerin ($\Delta J \neq \Delta F$) tümü kendi aralarında kuplaj yapıldığında.

4. BULGULAR

Spektral Çizgilerin Tanımlanması

14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı veya 400 – 700 nm dalgaboyu spektral aralığındaki tüm spektrumun CLASS-LW programı [6] ile analizi sonucunda toplam 4193 Ho çizgisi tanımlandı. Tablo 4.1’de, çizgiler iyonizasyon derecelerine göre tanımlandı.

Tablo 4.1: Ho çizgilerinin tanımlamalarına göre gruplandırılması.

	Sınıflandırılan		“R”ye göre Tanımlanan		Toplam	
			Sınıflandırılmayan			
	Toplam	Yeni	Toplam	Yeni	Toplam	Yeni
Ho I	987	588	1875	1829	2862	2417
Ho II	60	6	456	395	516	401
Ho III	20	0	1	1	21	1
Ho I veya II	-	-	363	348	363	348
Ho I veya III	-	-	424	417	424	417
Tanımlanamayan	-	-	7	7	7	7
Toplam	1067	594	3126	2997	4193	3591

Ho I çizgisi olarak tanımlanan 2862 çizgi, Tablo 4.2’de, dalgaboyuna göre listelendi. Bu tablo, sınıflandırılan 987 Ho I çizgisi ile geçişi sınıflandırılmayan ama R katsayısına göre tanımlanan 1875 Ho I çizgisini içermektedir. Sınıflandırılan 987 Ho I çizgisinin, 39’u, ilk defa bu çalışmada sınıflandırıldı. R katsayısına göre tanımlanan 1875 çizginin, 1829’u, ilk defa bu çalışmada tanımlanan yeni çizgilerdir.

Tablo 4.3’te, 6’sı ilk kez bu çalışmada olmak üzere, 60 çizginin sınıflandırıldığı toplam 516 Ho II çizgisi listelendi. R katsayısına göre tanımlanan 456 Ho II çizgisinin 395’i ilk defa bu çalışmada tanımlandı. Tablo 4.4’te gösterilen 21 Ho III çizgisinin yeni tanımlanan yalnızca 1 tanesi için sınıflandırma yapılamadı. Spektrumun Analizi kısmında, sınıflandırılan geçişlerin R oranlarının, iyonizasyon derecesine bağlı olarak,

$$\text{Ho I; } 0.8 < R < 1.4$$

$$\text{Ho II; } 1.8 < R$$

$$\text{Ho III; } R < 0.3$$

aralıklarında değiştiğinden bahsedilmişti. Sınıflandırılmayan çizgilerin R katsayıları hesaplandığında 0.3 ile 0.8 ve 1.4 ile 1.8 aralığındaki değerleri de aldığı görüldü. R katsayısı bu aralıkta değişen çizgiler için, sınıflandırılan Ho çizgilerinin yukarıda verilen R aralıklarından yola çıkılarak şu tanımlama yapıldı:

$$\text{Ho I veya Ho II; } 1.4 \leq R \leq 1.8$$

$$\text{Ho I veya Ho III; } 0.3 \leq R \leq 0.8$$

R değerlerinin değiştiği bölgelere göre, geriye kalan 794 çizginin 363'ü "Ho I veya Ho II" çizgisi ve 424'ü de "Ho I veya Ho III" çizgisi olarak tanımlandı ve bunlar sırasıyla Tablo 4.5 ve 4.6'da listelendi. 7 çizgi için ise, Ho-Ar veya Ho-Ne spektrumundaki güçlü asal gaz çizgileri ile *blend* olmaları sebebiyle, R katsayısı belirlenemedi. Tablo 4.7'de gösterilen bu çizgiler için "bAr" veya "bNe" tanımlaması kullanıldı.

Asal gaz çizgileri de programda tanımlandı fakat bu çizgilere tablolarda yer verilmedi. Asal gazlar için sınıflandırma yapılmasının amacı Ho çizgilerinin daha doğru bir şekilde analiz edilmesidir. Tablolarda ifade edilen çizgi genişliği, çizginin aşırı ince yapı genişliği, çizginin dalgaboyu ve dalgasayısı cinsinden ağırlık merkezi değerleri, şiddetin daha yüksek olması sebebiyle (Ho III çizgileri hariç) mavi (blue) spektrumdan ölçülerek kaydedildi.

Tablo 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7'de, deneysel dalgaboyunun havadaki değeri λ_{hava} , dalgasayısının vakum değeri $\sigma_{\text{vak.}}$, sırasıyla Ho-Ar ve Ho-Ne spektrumlarından ölçülen S/N değeri, ve bunların birbirine oranı R , çizgiyle ilgili belirtilmek istenen yorum ve W çizginin genişliği ve yönü, sırayla ayrı kolonlar olarak listelendi.

Tablo 4.2, 4.3 ve 4.4'te, ΔW , en güçlü aşırı ince yapı bileşenleri arasındaki mesafe, $\Delta\sigma$ deneysel olarak ölçülen dalgasayısı ile seviyeler arasında hesaplanan enerji farkı ($E_u - E_l$) arasındaki fark, geçişe ait sırasıyla üst ve alt enerji seviyeleri (E_u ve E_l) ve seviyelerin J toplam açısal momentum kuantum sayıları (J_u ve J_l) tablolara eklendi. Çizginin yönünü tanımlarken, dalgasayısının arttığı yönde çizginin yapısının arttığını veya azaldığını belirtmek amacıyla "+" veya "-" işareti veya aşırı ince yapı bileşenleri net bir iniş ya da çıkış göstermeyen çizgiler ise "*" ile işaretlendi.

Eğer bir çizgi ilk defa bu çalışmada gözlemlendiyse yorum kısmında, *yeni çizgi (new line)* anlamına gelen *nl* ifadesi kullanıldı. Eğer bir çizgi daha önce yapılan çalışmalarda kaydedildiyse ve fakat geçiş sınıflandırılmadıysa bu çizgilere tablolarda *yeni klasifikasyon (new classification)* anlamına gelen *nc* yorumu eklendi. Aşırı ince yapıları ile yakındaki bir çizgi ile karışan Ho çizgileri, *blend* anlamına gelen “b” ile tanımlandı.

Seviyelere ait bilgiler, Ho I için Wyart ve diğ.[22], Kröger ve diğ. [27], Den Hartog ve diğ. [28], Stefanska ve diğ. [37], ve Furmann ve diğ. [38]; Ho II için Gurell ve diğ. [33], Martin ve diğ. [20] ve Den Hartog ve diğ. [28] ve Ho III için Martin ve diğ. [20] referanslarından alındı. Eğer bir seviye için farklı referanslarda farklı değerler verildiyse en hassas olan değerler tercih edildi.

Tablo 4.2’de görülen birkaç çizgi için aşırı ince yapı deseni oldukça uyumlu olmasına rağmen $\Delta\sigma$ farkı, 0.25 cm^{-1} ’den daha büyük bir değer almıştır. Bu çizgilerin hepsindeki $\Delta\sigma$ kayma miktarı aynı yöndedir ve hep aynı üst seviyelere ait çizgilerde gözlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak, bu seviyelerin enerji değerlerinin 0.1 cm^{-1} ’den daha büyük bir hatayla belirlendiği öngörülmektedir. Bunlar, 29069.78 cm^{-1} ($J = 11/2$) ve 34653.56 cm^{-1} ($J = 13/2$) değerleri ile tanımlanan iki seviyedir. $\Delta\sigma$ değerinin büyük olmasına rağmen çizgiler sınıflandırılmıştır.

Yukarıda belirtilen özel durum haricinde, eğer bir çizgi blend değilse, $\Delta\sigma$ kayma miktarı yani çizginin *ağırlık merkezini okuma kesinliği* 0.005 cm^{-1} ’den daha iyi bir değerdedir. Blend olan ve sınıflandırılmayan çizgiler için okuma kesinliği çizginin şiddetine ve gösterdiği yapıya bağlı olarak değişmektedir:

- Eğer, $(S/N) \geq 10$ ve/veya $W < 0.15 \text{ cm}^{-1}$ ise, yani çizgi tek pike sahipse, okuma kesinliği 0.005 cm^{-1} ’den daha iyi bir değerdedir.
- Eğer, $(S/N) < 10$ ve/veya $W \geq 0.15 \text{ cm}^{-1}$ ise okuma kesinliği 0.02 cm^{-1} ’den daha iyi bir değerdedir.

Sınıflandırılan 60 Ho II çizgisi için, $\Delta\sigma$ okuma kesinliği 0.004 cm^{-1} ’den daha küçük bir değerdedir. $|\Delta\sigma|$ değerlerinin ortalaması ise 0.004 cm^{-1} ’dir. Ho II çizgilerindeki kayma miktarı, atomik holmiyum çizgilerine göre önemli derecede daha küçüktür. Bu da bize Gurell ve diğ. [20] tarafından belirlenen Ho II çizgilerinin daha yüksek bir kesinlikle ölçüldüğünü gösterir. Sınıflandırılan 60 Ho II çizgisi içinse okuma kesinliği, 0.12 cm^{-1} ’den daha küçük bir değerdedir ve ortalama değer de 0.004 cm^{-1} ’dir.

Tablo 4.2: 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanim	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
400.0298	24991.07	23	23	1.00	nl	610	*						
400.0798	24987.95	6	5	1.20	nl	1090	*						
400.1018	24986.57	12	10	1.20	nl	680	+						
400.2258	24978.83	3	3	1.00	nl	510	*						
400.2373	24978.12	13	10	1.30	nl	555	+						
400.3372	24971.88	259	214	1.21		610	-	-463	-0.16	33577.20	4.5	8605.16	5.5
400.4783	24963.08	9	7	1.29	nl	860	+						
400.4948	24962.06	5	6	0.83	nl	135	*						
400.5008	24961.68	39	29	1.34	nl	460	*						
400.6558	24952.03	13	15	0.87	nl	200	*						
400.7303	24947.39	6	5	1.20	nl	625	+						
400.7963	24943.28	42	39	1.08	nl	160	*						
400.8518	24939.83	5	5	1.00	nl	440	*						
400.9018	24936.71	4	3	1.33	nl	650	+						
401.2758	24913.47	13	16	0.81	nl	500	*						
401.3291	24910.16	9	10	0.90	nl	530	*						
401.3432	24909.29	41	33	1.24		555	*						
401.3561	24908.49	86	68	1.26		645	+						
401.3777	24907.15	22	19	1.16	b	340	+	233	-0.13	36229.59	9.5	11322.31	10.5
401.3902	24906.37	38	27	1.41	nl b	1130	+	1066	-0.18	34648.05	10.5	9741.50	9.5
401.4778	24900.94	5	5	1.00	nl	410	-						
401.5450	24896.77	21	17	1.24	nl	485	-						
401.5923	24893.84	17	13	1.31	nl b	960	-						
401.5978	24893.50	193	149	1.30	nl b	675	+						
401.6578	24889.78	155	128	1.21	nl	130	*	52	-0.06	33268.75	8.5	8378.91	8.5
401.6898	24887.80	3	3	1.00	nl	620	+						
401.7463	24884.30	5	5	1.00	nl	495	*						
401.7774	24882.37	22	20	1.10	nl b	390	*	-113	-0.05	37226.97	5.5	12344.55	6.5
401.7918	24881.48	27	22	1.23	nl b	1310	-						
401.8303	24879.10	4	4	1.00	nl	480	*						
401.8975	24874.94	4	4	1.00	nl	680	*						
402.3751	24845.41	38	40	0.95	nl	590	+						
402.4268	24842.22	4	3	1.33	nl	585	+						
402.4374	24841.56	108	90	1.20	nl	170	+	73	-0.08	33268.75	8.5	8427.11	7.5
402.5193	24836.51	5	4	1.25	nl	485	+						
402.5384	24835.33	566	451	1.25		155	+						
402.5698	24833.39	15	12	1.25	nl	1035	-						
402.6798	24826.61	5	6	0.83	nl	530	*						
402.7190	24824.19	362	282	1.28		415	*						
402.7438	24822.67	6	6	1.00	nl	215	*						
402.8463	24816.35	4	3	1.33	nl	660	+						
402.8848	24813.98	224	237	0.95		345	+						
402.9073	24812.59	25	21	1.19	nl	960	-						
402.9297	24811.21	5	4	1.25	nl	1025	+	935	-0.09	37150.34	7.5	12339.04	7.5
403.0198	24805.67	6	5	1.20	nl	1050	+						
403.0984	24800.83	22	26	0.85	nl b	850	-						
403.1042	24800.47	22	26	0.85	nl b	420	*						
403.1713	24796.35	139	116	1.20	nl	220	*	120	-0.07	34537.92	8.5	9741.50	9.5
403.1856	24795.46	470	350	1.34	nc	1010	+	880	-0.12	24795.58	8.5	0.00	7.5
403.2773	24789.83	5	5	1.00	nl	220	*						
403.3098	24787.83	5	4	1.25	nl	495	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanim	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
403.3668	24784.33	15	13	1.15	nl	435	*						
403.4223	24780.92	4	4	1.00	nl	375	-						
403.6065	24769.61	52	45	1.16	nl	825	+						
403.7013	24763.79	15	14	1.07	nl	490	*						
403.7518	24760.70	71	55	1.29	nl b	500	+						
403.7603	24760.17	666	544	1.22	b	635	-	-480	0.04	24760.13	6.5	0.00	7.5
403.9346	24749.49	23	19	1.21	nl	710	+						
404.0316	24743.55	8	9	0.89	nl b	1250	+						
404.0376	24743.18	10	10	1.00	nl b	610	*						
404.0789	24740.65	3994	3270	1.22		525	-	-359	0.13	24740.52	6.5	0.00	7.5
404.1366	24737.12	11	10	1.10	nl	1100	+						
404.2248	24731.72	48	43	1.12	nl	500	+						
404.4655	24717.00	5	4	1.25	nl	530	*						
404.5162	24713.91	54	43	1.26	nl b	160	*						
404.5203	24713.66	262	207	1.27	nl b	270	+	-148	0.05	43278.51	7.5	18564.90	6.5
404.6226	24707.41	15	15	1.00	nl b	200	-						
404.6266	24707.16	42	40	1.05	nl b	435	-	-118	-0.19	33312.51	5.5	8605.16	5.5
404.7196	24701.49	4	4	1.00	nl	150	*						
404.7623	24698.88	42	36	1.17	b	640	+	452	-0.15	36229.59	9.5	11530.56	8.5
404.7693	24698.45	8	6	1.33	nl b	480	*						
404.8090	24696.03	4	4	1.00	nl	355	+						
404.8528	24693.36	12	11	1.09	nl	480	+						
404.8791	24691.76	27	24	1.13	nl	620	+						
404.9764	24685.82	9	10	0.90	nl	210	-						
405.1010	24678.23	4	4	1.00	nl	585	+						
405.1430	24675.67	8	8	1.00	nl	300	+						
405.3098	24665.52	36	32	1.13	nl	770	*						
405.3282	24664.40	48	52	0.92	nl b	500	-	-302	0.01	33091.50	7.5	8427.11	7.5
405.3873	24660.80	5170	4250	1.22	b	650	*	214	0.00	24660.80	7.5	0.00	7.5
405.3873	24660.80	5170	4250	1.22	b	650	*						
405.5168	24652.93	18	18	1.00	nl	595	+						
405.5308	24652.08	5	5	1.00	nl	220	*						
405.5943	24648.22	6	5	1.20	nl	1300	-						
405.6118	24647.15	18	21	0.86	nl	690	+						
405.7448	24639.07	160	124	1.29	nl	565	+						
405.7763	24637.16	33	26	1.27	nl	440	*						
405.8658	24631.73	70	61	1.15	nl	960	+						
405.9186	24628.53	32	25	1.28	nl	730	-						
405.9532	24626.42	39	31	1.26	nl	580	-	-387	0.02	33005.31	7.5	8378.91	8.5
406.0293	24621.81	22	20	1.10		540	+						
406.0430	24620.98	5	4	1.25	nl	630	*						
406.1001	24617.52	28	33	0.85	nl	730	+						
406.1848	24612.38	6	5	1.20	nl b	540	+						
406.1973	24611.63	4	4	1.00	nl b	770	+						
406.2427	24608.88	9	11	0.82	nl	120	*						
406.2543	24608.17	307	246	1.25	nl	320	-						
406.2648	24607.54	74	60	1.23	nl	210	+						
406.3438	24602.75	9	11	0.82	nl	875	+						
406.4084	24598.84	5	4	1.25	nl	220	*						
406.4290	24597.60	3	3	1.00	nl b	820	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
406.5568	24589.86	4	4	1.00	nl	560	*						
406.6568	24583.82	14	12	1.17	nl	160	*						
406.7018	24581.10	55	47	1.17	nl	395	-						
406.7497	24578.20	18	22	0.82		455	-	-310	0.00	33005.31	7.5	8427.11	7.5
406.7788	24576.45	6	5	1.20	nl	1160	*						
406.8035	24574.95	387	304	1.27		460	-	-192	-0.18	35270.88	4.5	10695.75	4.5
406.8798	24570.34	5	4	1.25	nl	605	-						
406.9098	24568.53	6	6	1.00	nl b	270	*						
406.9435	24566.50	24	22	1.09	nl b	1035	+						
406.9705	24564.87	13	12	1.08	nl b	450	-						
406.9756	24564.56	13	12	1.08	nl b	170	*						
407.1787	24552.31	218	200	1.09		270	+	173	-0.10	34293.91	8.5	9741.50	9.5
407.2088	24550.49	6	6	1.00	nl	1030	+						
407.2225	24549.67	6	6	1.00	nl	320	*						
407.3048	24544.71	201	163	1.23		525	*						
407.3415	24542.50	18	14	1.29	nl b	330	*						
407.3493	24542.03	198	157	1.26	b	730	+						
407.3882	24539.68	31	27	1.15		470	+	353	-0.14	36229.59	9.5	11689.77	9.5
407.4454	24536.24	34	27	1.26	nl	995	+	886	-0.17	34277.91	9.5	9741.50	9.5
407.6883	24521.62	6	6	1.00	nl	900	+						
407.7103	24520.30	4	3	1.33	nl	480	-						
407.7281	24519.23	201	160	1.26	nl	480	-						
407.7890	24515.56	7	6	1.17	nl	290	+						
407.9385	24506.58	32	27	1.19	nl	425	*						
407.9751	24504.38	13	11	1.18	nl	265	+						
407.9853	24503.77	13	15	0.87	nl	340	*						
408.0036	24502.67	6	6	1.00	nl b	620	-						
408.0153	24501.97	69	59	1.17	b	750	+						
408.0281	24501.20	46	51	0.90	nl b	350	+						
408.0370	24500.66	45	51	0.88	nl b	1570	+						
408.0923	24497.34	5	5	1.00	nl	300	-						
408.1861	24491.72	14	15	0.93	nl	410	+						
408.2828	24485.91	12	9	1.33	nl	340	+						
408.3638	24481.06	202	246	0.82		150	+						
408.5098	24472.31	45	49	0.92		225	+						
408.5314	24471.01	6	7	0.86	nl b	130	*	31	-0.02	32898.14	6.5	8427.11	7.5
408.5405	24470.47	28	27	1.04	nl	460	+						
408.5859	24467.75	7	6	1.17	nl b	260	-						
408.6528	24463.75	5	5	1.00	nl	420	+						
408.7338	24458.90	310	246	1.26		625	-						
408.7578	24457.46	288	214	1.35		475	*						
408.8058	24454.59	13	16	0.81	nl	155	*						
408.8192	24453.79	4	4	1.00	nl	320	*						
408.9237	24447.54	3	3	1.00	nl	430	*						
408.9568	24445.56	3	3	1.00	nl	380	*						
409.0233	24441.59	4	4	1.00	nl	335	*						
409.0662	24439.02	50	40	1.25	nl	245	+						
409.1608	24433.37	105	122	0.86		235	+						
409.2038	24430.80	78	78	1.00	nl	335	+						
409.2161	24430.07	12	12	1.00	nl	270	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanim	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
409.2284	24429.34	10	10	1.00	nl	400	*						
409.2798	24426.27	12	9	1.33	nl b	1330	+						
409.3308	24423.23	22	19	1.16	nl b	600	+						
409.3636	24421.27	7	6	1.17	nl b	625	-						
409.3932	24419.50	5	4	1.25	nl	290	*						
409.4088	24418.57	11	8	1.38	nl	670	+						
409.4768	24414.52	170	134	1.27		810	-						
409.4978	24413.27	11	12	0.92	nl	380	-						
409.5388	24410.82	7	7	1.00	nl	525	+						
409.5623	24409.42	7	6	1.17	nl	580	+						
409.7858	24396.11	9	9	1.00	nl	470	-						
409.8013	24395.18	5	4	1.25	nl	495	*						
409.8113	24394.59	10	9	1.11	nl	405	+						
409.9198	24388.13	5	5	1.00	nl	360	*						
410.0118	24382.66	174	137	1.27	nl b	460	-						
410.0218	24382.07	178	146	1.22	b	720	+						
410.1082	24376.93	2906	2176	1.34	b	570	-	-423	0.02	24376.91	7.5	0.00	7.5
410.1170	24376.40	246	203	1.21	nl b	460	+	269	-0.09	33523.57	7.5	9147.08	6.5
410.1748	24372.97	34	34	1.00	nl	710	+						
410.2588	24367.98	6	6	1.00	nl	490	*						
410.3803	24360.77	6145	5170	1.19	b	530	*						
410.3828	24360.62	6145	5170	1.19	b	530	-						
410.4271	24357.99	266	237	1.12	nl	260	*						
410.4928	24354.09	10	10	1.00	nl b	870	*						
410.4990	24353.72	72	82	0.88	nl b	185	*						
410.5455	24350.96	12	9	1.33	nl	590	-						
410.5876	24348.47	5	5	1.00	nl	1300	-						
410.6251	24346.24	15	17	0.88	nl	255	*						
410.6457	24345.02	381	285	1.34	nc	460	-	-204	0.02	35040.75	4.5	10695.75	4.5
410.7313	24339.95	934	768	1.22		125	*						
410.7928	24336.31	12	10	1.20	nl	390	*						
410.8088	24335.36	12	10	1.20	nl	820	+						
410.8546	24332.64	3430	3072	1.12	nl b	615	*						
410.8588	24332.40	3430	3072	1.12	b	615	*						
410.9891	24324.68	7	7	1.00	nl	860	-						
411.0158	24323.10	10	11	0.91	nl	300	+						
411.0473	24321.24	18	15	1.20	nl	595	*						
411.1753	24313.67	9	9	1.00	nl	570	-						
411.1957	24312.46	637	477	1.34		470	*	163	-0.15	32917.77	5.5	8605.16	5.5
411.3213	24305.04	7	8	0.88	nl	425	*						
411.3378	24304.06	21	19	1.11	nl b	515	+						
411.3410	24303.87	13	14	0.93	nl b	460	*						
411.3763	24301.79	18	16	1.13	nl	370	-						
411.4843	24295.41	6	6	1.00	nl	490	*						
411.5331	24292.53	314	269	1.17	nl	150	-	-51	-0.01	32671.45	7.5	8378.91	8.5
411.6708	24284.40	310	237	1.31		365	-						
411.7696	24278.58	8	7	1.14	nl	430	-						
411.8314	24274.93	5	4	1.25	nl b	1155	*						
411.8407	24274.38	4	3	1.33	nl b	200	*						
411.8908	24271.43	95	67	1.42	nl	895	+	776	-0.10	34013.03	9.5	9741.50	9.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
411.9308	24269.08	50	50	1.00	nl	225	*						
412.0179	24263.94	6093	5580	1.09	b	340	+	-1	-0.02	24263.96	8.5	0.00	7.5
412.0222	24263.69	1510	1075	1.40	nc b	240	*	-258	-0.23	39345.04	5.5	15081.12	6.5
412.1800	24254.40	11	9	1.22	nl	250	*						
412.3236	24245.96	12	13	0.92	nl	310	+						
412.3514	24244.32	406	352	1.15	nl	125	*	-30	-0.02	32671.45	7.5	8427.11	7.5
412.5631	24231.88	2035	1715	1.19		540	*	60	-0.17	32837.21	5.5	8605.16	5.5
412.6201	24228.53	8	7	1.14	nl	680	+						
412.7101	24223.25	3149	2930	1.07	nl b	600	*						
412.7163	24222.89	973	768	1.27	b	250	+	-158	-0.01	29642.60	7.5	5419.70	6.5
412.8168	24216.99	52	54	0.96	nl	145	*						
412.9135	24211.32	11	10	1.10	nl	230	*						
412.9548	24208.90	8	9	0.89	nl	370	-						
413.0455	24203.58	7	7	1.00	nl	490	+						
413.0948	24200.69	106	86	1.23	nl	235	-						
413.1148	24199.52	55	48	1.15	nl	395	*						
413.1570	24197.05	4	4	1.00	nl	345	-						
413.2045	24194.27	20	17	1.18	nl	750	*						
413.2921	24189.14	17	13	1.31	nl	200	*						
413.3870	24183.59	24	25	0.96	nl	450	*						
413.4328	24180.91	43	35	1.23	nl	400	-						
413.4501	24179.90	394	283	1.39		610	-	-458	-0.15	32785.21	4.5	8605.16	5.5
413.5044	24176.72	31	32	0.97	nl b	435	+						
413.5104	24176.37	10	12	0.83	nl b	920	*						
413.5600	24173.47	23	20	1.15	nl	845	+						
413.5825	24172.16	7	6	1.17	nl b	465	-						
413.5828	24172.14	7	6	1.17	nl b	190	*						
413.6208	24169.92	1869	1625	1.15		290	*						
413.6450	24168.50	87	98	0.89	nl	185	*						
413.6926	24165.72	4	4	1.00	nl b	280	-						
413.7624	24161.64	13	13	1.00	nl	280	*	177	-0.1	35692.30	8.5	11530.56	8.5
413.7778	24160.75	5	5	1.00	nl	480	*						
413.8393	24157.16	4	3	1.33	nl	360	*						
413.8578	24156.08	35	27	1.30	nl	470	-						
413.9255	24152.13	6	5	1.20	nl b	680	*						
413.9338	24151.64	114	99	1.15	b	455	+						
413.9461	24150.92	24	20	1.20	nl b	1270	+	1196	-0.2	35473.43	10.5	11322.31	10.5
414.1564	24138.66	6	6	1.00	nl	440	+						
414.2148	24135.26	352	335	1.05		300	*						
414.4942	24118.99	5	5	1.00	nl	200	*						
414.5388	24116.39	18	15	1.20	nl	650	+						
414.6168	24111.86	18	18	1.00	nl b	320	-						
414.6943	24107.35	6	7	0.86	nl b	725	-						
414.7447	24104.42	3	3	1.00	nl	600	-						
414.8062	24100.85	9	7	1.29	nl b	900	*						
414.8130	24100.45	51	46	1.11	nl b	460	+						
414.8928	24095.82	187	187	1.00		485	+						
414.9436	24092.87	4	4	1.00	nl	325	*	195	0.01	39223.17	8.5	15130.31	8.5
415.0138	24088.79	8	9	0.89	nl	280	*						
415.0995	24083.82	5	5	1.00	nl b	190	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
415.1066	24083.41	6	5	1.20	nl b	775	*						
415.1107	24083.17	53	48	1.10	nl b	150	*						
415.1665	24079.93	11	11	1.00	nl b	775	*						
415.1670	24079.90	11	11	1.00	nl b	470	-	-300	-0.13	40234.24	7.5	16154.21	7.5
415.2047	24077.72	5	4	1.25	nl b	695	-						
415.3638	24068.49	96	80	1.20	nl	565	-						
415.6291	24053.13	11	9	1.22	nl b	230	*						
415.6328	24052.92	11	10	1.10	nl b	650	*						
415.6926	24049.46	8	9	0.89	nl	470	*						
415.7718	24044.88	4	3	1.33	nl	375	*						
415.7903	24043.81	28	21	1.33	nl	390	*						
416.0848	24026.79	4	4	1.00	nl	1030	*						
416.1692	24021.92	3	3	1.00	nl	690	*						
416.3029	24014.20	5020	4660	1.08	b	170	*	66	-0.02	24014.22	6.5	0.00	7.5
416.3380	24012.18	22	23	0.96	nl	685	+						
416.4128	24007.86	162	137	1.18	nl	530	-						
416.4338	24006.65	6	5	1.20	nl	600	*						
416.5068	24002.45	6	5	1.20	nl	250	*						
416.5568	23999.56	7	7	1.00	nl	470	*						
416.6785	23992.56	14	16	0.88	nl	430	+						
416.8921	23980.26	7	6	1.17	nl	350	-						
416.9097	23979.25	4	4	1.00	nl	350	-						
416.9213	23978.58	6	6	1.00	nl	440	*						
417.0048	23973.78	8	8	1.00	nl	620	+						
417.1048	23968.03	26	20	1.30	nl b	1015	+						
417.1069	23967.91	24	28	0.86	nl b	240	+						
417.1739	23964.06	7	7	1.00	nl	490	-						
417.2205	23961.39	429	378	1.13		500	-						
417.2728	23958.38	17	13	1.31	nl	460	-						
417.3197	23955.69	8397	6963	1.21	b	430	-	-57	0.01	23955.68	6.5	0.00	7.5
417.3801	23952.22	146	130	1.12	nl	760	+	643	-0.15	32331.28	9.5	8378.91	8.5
417.4113	23950.44	6	6	1.00	nl	320	*						
417.4283	23949.46	4	4	1.00	nl	120	*						
417.4391	23948.84	12	10	1.20	nl	610	-						
417.5166	23944.39	118	126	0.94	nl	340	+	-229	-0.03	33091.50	7.5	9147.08	6.5
417.5328	23943.47	35	40	0.88	nl	140	*						
417.5455	23942.74	3	3	1.00	nl	140	-						
417.6328	23937.73	38	41	0.93	nl	385	*						
417.6928	23934.29	22	21	1.05	nl	185	*						
417.8019	23928.04	49	41	1.20	nl b	800	+						
417.8033	23927.96	62	66	0.94	nl b	430	*						
417.8420	23925.75	362	299	1.21	nl	675	+						
418.0293	23915.03	6	6	1.00	nl b	510	*						
418.0294	23915.02	6	6	1.00	nl b	360	-	-424	0.01	40069.22	6.5	16154.21	7.5
418.0483	23913.94	10	9	1.11	nl	165	*						
418.1001	23910.98	5	5	1.00	nl	740	+						
418.1723	23906.85	9	7	1.29	nl	510	+						
418.5388	23885.92	10	8	1.25	nl b	390	*						
418.5404	23885.83	11	11	1.00	nl b	710	+						
418.5707	23884.10	5	4	1.25	nl	370	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanim	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
418.5780	23883.68	5	4	1.25	nl	430	+						
418.6821	23877.74	7	6	1.17	nl	120	*						
418.9128	23864.59	72	63	1.14	nl	480	*						
418.9682	23861.44	4	4	1.00	nl b	90	*						
418.9868	23860.38	130	108	1.20	nl b	255	*						
419.0101	23859.05	13	13	1.00	nl	680	+						
419.0250	23858.20	56	70	0.80		360	+	-250	-0.03	33005.31	7.5	9147.08	6.5
419.4351	23834.87	3123	2405	1.30		1005	+	883	-0.07	23834.94	7.5	0.00	7.5
419.4845	23832.07	6	6	1.00	nl	130	*						
419.5432	23828.73	20	15	1.33	nl b	500	+						
419.5483	23828.44	11	11	1.00	nl b	370	*						
419.6289	23823.87	23	23	1.00	nl b	160	*						
419.6318	23823.70	25	23	1.09	nl b	280	*						
419.6958	23820.07	4	3	1.33	nl	480	*						
419.7486	23817.07	25	21	1.19	nl b	290	*						
419.7858	23814.96	23	20	1.15	nl	165	*						
419.8120	23813.48	36	37	0.97	nc	440	*	229	-0.04	36152.56	8.5	12339.04	7.5
419.9018	23808.38	7	8	0.88	nl	130	*						
420.0438	23800.34	12	11	1.09	nl	570	+						
420.3142	23785.02	206	167	1.23	nl b	430	*						
420.3415	23783.48	58	39	1.49	nl b	1080	+	1269	-0.18	35473.43	10.5	11689.77	9.5
420.3702	23781.86	4	3	1.33	nl b	690	*						
420.5300	23772.82	5	4	1.25	nl	480	-						
420.5393	23772.29	5	6	0.83	nl	570	+						
420.6278	23767.29	40	37	1.08	nl	290	-						
420.6668	23765.09	5	4	1.25	nl	600	+						
420.7772	23758.85	4	3	1.33	nl	550	*						
420.8344	23755.62	4	4	1.00	nl	1030	+						
420.9186	23750.87	16	16	1.00	nl	730	+	598	-0.19	32898.14	6.5	9147.08	6.5
421.0267	23744.77	4	3	1.33	nl b	330	*						
421.0548	23743.19	11	13	0.85	nl	150	*						
421.1008	23740.60	3	3	1.00	nl	440	*						
421.1715	23736.61	9	7	1.29	nl	150	*						
421.2567	23731.81	13	16	0.81	nl	1280	-						
421.3042	23729.13	6	6	1.00	nl	210	*						
421.3139	23728.59	11	13	0.85	nl	350	-						
421.4108	23723.13	18	18	1.00	nl b	630	*						
421.4131	23723.00	18	18	1.00	nl b	490	*						
421.5048	23717.84	4	3	1.33	nl	340	+						
421.5146	23717.29	10	8	1.25	nl	370	-						
421.6078	23712.05	17	14	1.21	nl	480	+						
421.6986	23706.94	53	48	1.10	nl	715	-						
421.7124	23706.17	78	65	1.20	nl	890	+						
421.7325	23705.04	13	12	1.08	nl	770	-						
421.9120	23694.95	656	595	1.10	nl	150	*						
421.9973	23690.16	8	7	1.14	nl	460	+						
422.0303	23688.31	10	9	1.11	nl	400	-						
422.0534	23687.01	10	8	1.25	nl	960	-	-857	-0.08	44904.20	10.5	21217.11	9.5
422.0648	23686.37	3	3	1.00	nl	300	-						
422.0761	23685.74	5	5	1.00	nl	370	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
422.0843	23685.28	5	4	1.25	nl	260	*						
422.1648	23680.76	41	41	1.00	nl	300	+						
422.2326	23676.96	2906	2395	1.21		170	-	-78	-0.11	29096.77	5.5	5419.70	6.5
422.3521	23670.26	742	531	1.40		200	+	-73	-0.09	34366.10	5.5	10695.75	4.5
422.6063	23656.02	5	4	1.25	nl	290	-						
422.6593	23653.06	4	3	1.33	nl	720	*						
422.7042	23650.55	4150	3340	1.24	b a	390	-	-187	0.47	29069.78	5.5	5419.70	6.5
422.7910	23645.69	45	41	1.10	nl	170	*						
422.9312	23637.85	11	8	1.38	nl	580	-						
422.9955	23634.26	4	4	1.00	nl	460	*						
423.0893	23629.02	23	27	0.85	nl	680	+						
423.2360	23620.83	4	4	1.00	nl	960	+						
423.3395	23615.05	15	18	0.83	nl	470	*						
423.3728	23613.20	8	6	1.33	nl	150	*						
423.5077	23605.67	6	6	1.00	nl	350	*						
423.6831	23595.90	60	46	1.30	nl	320	*						
423.6996	23594.98	12	12	1.00	nl	350	*						
423.8188	23588.35	5	4	1.25	nl	550	*						
423.8968	23584.01	7	8	0.88	nl	980	*						
423.9610	23580.43	16	13	1.23	nl	170	*	86	-0.05	35919.52	7.5	12339.04	7.5
424.0606	23574.90	33	29	1.14	nl b	390	+	114	-0.07	35919.52	7.5	12344.55	6.5
424.0654	23574.63	16	14	1.14	nl b	410	+						
424.1708	23568.77	11	11	1.00	nl	440	*						
424.2341	23565.26	15	14	1.07	nl b	450	*						
424.2679	23563.38	28	25	1.12	nl	440	*						
424.3426	23559.23	5	4	1.25	nl	980	-						
424.3785	23557.24	352	314	1.12		480	*	251	-0.11	34879.66	10.5	11322.31	10.5
424.5008	23550.45	4	3	1.33	nl b	800	+						
424.5113	23549.87	7	7	1.00	nl b	630	*						
424.5564	23547.37	14	11	1.27	nl	560	-						
424.7308	23537.70	15	16	0.94	nl	590	*						
424.9224	23527.09	6	5	1.20	nl b	370	*						
424.9724	23524.32	45	39	1.15	nl	180	*	101	-0.05	32671.45	7.5	9147.08	6.5
425.0118	23522.14	7	7	1.00	nl	600	*						
425.0908	23517.77	9	11	0.82	nl	600	-						
425.1650	23513.66	9	8	1.13	nl b	320	+						
425.2288	23510.13	4	4	1.00	nl	1160	*						
425.2748	23507.59	10	8	1.25	nl	580	*						
425.4023	23500.55	11	8	1.38	nl	1710	-						
425.4221	23499.45	21	18	1.17	nl b	340	-						
425.4407	23498.42	5478	4560	1.20		1455	+	1336	-0.15	23498.57	8.5	0.00	7.5
425.5743	23491.05	6	5	1.20	nl	680	*						
425.8049	23478.33	4	3	1.33	nl	420	*						
425.8413	23476.32	9	7	1.29	nl	440	-						
425.9483	23470.42	14	11	1.27	nl b	510	*						
425.9531	23470.16	14	11	1.27	nl b	490	+						
426.0645	23464.02	3	3	1.00	nl	330	*						
426.3498	23448.32	12	13	0.92	nl	620	*						
426.4025	23445.42	8602	5735	1.50		245	*	105	0.14	23445.28	7.5	0.00	7.5
426.4564	23442.46	9	7	1.29	nl b	360	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
426.5278	23438.53	16	15	1.07	nl	500	-						
426.6000	23434.56	621	483	1.29		630	-	-503	0.03	32039.69	4.5	8605.16	5.5
426.7310	23427.37	5	5	1.00	nl	970	+						
426.8138	23422.83	8	7	1.14	nl	410	-						
426.8998	23418.11	6	6	1.00	nl	520	+						
426.9178	23417.12	6	5	1.20	nl	490	-						
426.9624	23414.68	58	53	1.09	b	455	*	336	-0.12	34737.11	9.5	11322.31	10.5
426.9731	23414.09	18	16	1.13	nl b	440	*	151	-0.06	31793.06	8.5	8378.91	8.5
426.9798	23413.72	7	8	0.88	nl b	440	*						
427.0547	23409.61	9	8	1.13	nl b	240	*	113	-0.12	36504.15	3.5	13094.42	4.5
427.0610	23409.27	9	8	1.13	nl b	1165	*	-982	-0.04	44904.20	10.5	21494.89	10.5
427.3179	23395.20	3	2	1.50	nl b	370	*	-315	-0.03	32542.31	5.5	9147.08	6.5
427.3642	23392.66	20	14	1.43	nl b	320	*	-110	-0.03	35737.24	6.5	12344.55	6.5
427.5948	23380.05	13	11	1.18	nl	760	-						
427.6363	23377.78	4	4	1.00	nl	460	+						
427.6917	23374.75	5	4	1.25	nl	380	-						
427.7098	23373.76	15	14	1.07	nl	280	*						
427.7201	23373.20	112	87	1.29	b	790	-	-674	-0.13	28793.03	5.5	5419.70	6.5
427.8058	23368.52	111	95	1.17	nl	260	+						
427.8540	23365.88	36	31	1.16	nl	470	+	228	-0.07	31793.06	8.5	8427.11	7.5
427.9168	23362.46	13	11	1.18	nl	480	+						
427.9581	23360.20	4	4	1.00	nl	550	*						
428.0220	23356.71	16	13	1.23	nl	490	*						
428.0868	23353.18	4	4	1.00	nl	390	*						
428.1610	23349.13	53	62	0.85	nl b	450	-						
428.2315	23345.29	7	7	1.00	nl	750	+						
428.3373	23339.52	4	3	1.33	nl	600	*						
428.3726	23337.59	7	5	1.40	nl	800	-	-710	-0.11	34868.26	8.5	11530.56	8.5
428.4568	23333.01	214	184	1.16	nl	480	-						
428.5935	23325.57	37	29	1.28	nl	1120	+	1009	-0.17	34648.05	10.5	11322.31	10.5
428.6465	23322.68	11	8	1.38		480	-	-403	-0.02	34853.26	7.5	11530.56	8.5
428.6699	23321.41	4	3	1.33	nl	140	-						
428.6883	23320.41	5	7	0.71	nl	240	-	154	0.03	41971.91	8.5	18651.53	7.5
428.7680	23316.07	5	4	1.25	nl	430	*	220	0.01	38397.18	6.5	15081.12	6.5
428.8122	23313.67	17	15	1.13	nl	760	+						
428.8933	23309.26	7	7	1.00	nl	540	*	424	-0.14	38445.46	6.5	15136.06	7.5
429.0853	23298.84	20	16	1.25	nl	1000	-						
429.1013	23297.96	98	78	1.26		560	-	-406	-0.16	31903.28	5.5	8605.16	5.5
429.1573	23294.93	7	6	1.17	nl	910	+						
429.2078	23292.19	27	28	0.96	nl	550	+						
429.2332	23290.80	37	29	1.28		420	+	212	-0.16	33986.71	5.5	10695.75	4.5
429.2587	23289.42	4	3	1.33	nl	870	+						
429.3812	23282.78	10	8	1.25	nl	410	+						
429.4281	23280.24	4	4	1.00	nl	450	*						
429.6288	23269.36	51	45	1.13	nl b	350	-						
429.6890	23266.10	13	15	0.87	nl	575	-						
429.7158	23264.65	4	4	1.00	nl	690	-						
429.7573	23262.40	8	9	0.89	nl	510	+						
429.8653	23256.56	6	7	0.86	nl b	1200	+						
429.9852	23250.07	5	4	1.25	nl	210	+						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
430.0606	23246.00	7	6	1.17	nl	190	+	-104	-0.06	36328.99	6.5	13082.93	5.5
430.0849	23244.69	4	4	1.00	nl b	1280	-						
430.2288	23236.91	80	77	1.04	nl	340	-						
430.2426	23236.17	4	3	1.33	nl	270	-						
430.2646	23234.98	6	6	1.00	nl	680	*						
430.4148	23226.87	10	8	1.25	nl	1180	+						
430.4486	23225.05	4	3	1.33	nl	230	*						
430.4618	23224.33	4	3	1.33	nl	380	*						
430.5661	23218.71	17	15	1.13	nl b	420	*						
430.5693	23218.53	13	13	1.00	nl b	930	-						
430.7939	23206.43	117	104	1.13		650	+	517	-0.12	34737.11	9.5	11530.56	8.5
431.0018	23195.24	6	7	0.86	nl	660	+						
431.0543	23192.41	15	13	1.15	nl	530	+						
431.1028	23189.80	237	211	1.12		575	+	326	-0.09	34879.66	10.5	11689.77	9.5
431.1483	23187.35	48	43	1.12	nl	390	+						
431.2044	23184.34	3	3	1.00	nl	250	*						
431.2618	23181.25	10	9	1.11	nl	330	*						
431.2875	23179.87	16	12	1.33	nl	480	*	367	-0.08	34502.26	9.5	11322.31	10.5
431.3628	23175.82	6	6	1.00	nl	430	*						
431.4160	23172.97	4	3	1.33	nl	430	*						
431.4803	23169.51	46	38	1.21		660	-	-550	-0.05	35514.11	5.5	12344.55	6.5
431.6170	23162.18	6	6	1.00	nl	500	*						
431.6338	23161.27	27	19	1.42	nl	170	-	-121	-0.01	31540.19	7.5	8378.91	8.5
431.6474	23160.54	5	4	1.25	nl	620	-						
431.7018	23157.63	13	15	0.87	nl	420	-						
431.7093	23157.22	6	5	1.20	nl b	240	-						
431.7152	23156.91	10	8	1.25	nl b	370	-						
431.7452	23155.30	13	12	1.08	nl	150	*						
431.8416	23150.13	6	6	1.00	nl	630	-						
431.8738	23148.40	4	4	1.00	nl	460	*						
432.0003	23141.62	3	3	1.00	nl	1020	*						
432.1578	23133.19	4	4	1.00	nl	780	*						
432.2088	23130.46	9	9	1.00	nl	720	-						
432.3726	23121.70	3	3	1.00	nl	580	*						
432.4508	23117.52	26	26	1.00	nl	350	-						
432.5330	23113.12	18	15	1.20	nl b	460	*						
432.5342	23113.06	18	15	1.20	b	360	*	-61	-0.02	31540.19	7.5	8427.11	7.5
432.5675	23111.28	14	14	1.00	nl b	1260	-	-1138	-0.05	43278.51	7.5	20167.18	7.5
432.5713	23111.08	15	13	1.15	nl b	890	*						
432.6268	23108.11	5	4	1.25	nl	570	+						
432.6538	23106.67	14	13	1.08	nl	350	-						
432.8093	23098.37	14	12	1.17	nl	640	+						
432.9659	23090.02	30	25	1.20	nl	130	*	-27	-0.06	35434.63	6.5	12344.55	6.5
432.9908	23088.69	11	9	1.22	nl	190	*						
433.0822	23083.81	11	11	1.00	nl	520	+						
433.3697	23068.50	14	14	1.00	nl	530	-						
433.3757	23068.18	8	6	1.33	nl	260	*						
433.4488	23064.29	5	4	1.25	nl b	360	*						
433.4623	23063.57	5	4	1.25	nl b	1530	*						
433.4908	23062.06	7	7	1.00	nl b	780	+						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
433.4976	23061.70	8	7	1.14	nl b	600	*						
433.5518	23058.81	5	5	1.00	nl	550	-						
433.6458	23053.81	5	4	1.25	nl b	450	*						
433.6508	23053.55	6	7	0.86	nl b	1270	-						
433.7692	23047.26	9	7	1.29	b	470	+	408	-0.08	34737.11	9.5	11689.77	9.5
433.7716	23047.13	9	7	1.29	nl b	430	*						
433.8052	23045.34	23	21	1.10	nl	120	*						
433.9138	23039.58	6	6	1.00	nl b	430	+						
433.9272	23038.86	3	3	1.00	nl b	950	*						
434.2666	23020.86	31	26	1.19	nl b	625	-						
434.2800	23020.15	9	8	1.13	nl b	1050	-	-1002	-0.09	43278.51	7.5	20258.27	6.5
434.3309	23017.45	8	6	1.33	nl	920	-						
434.5233	23007.26	4	3	1.33	nl	300	-						
434.5366	23006.55	4	3	1.33	nl b	480	*						
434.5438	23006.17	6	5	1.20	nl b	630	-						
434.8451	22990.23	5	6	0.83	nl b	880	-						
434.8928	22987.71	27	21	1.29	nl	320	-						
434.9078	22986.92	23	22	1.05	nl	650	-						
434.9281	22985.85	3	3	1.00	nl	340	-						
434.9345	22985.51	4	3	1.33	nl b	160	-						
434.9458	22984.91	6	7	0.86	nl b	670	-						
435.0725	22978.22	10752	7526	1.43		300	-	-6	0.03	22978.19	6.5	0.00	7.5
435.1978	22971.60	54	42	1.29	nl	650	+	524	-0.1	34502.26	9.5	11530.56	8.5
435.3726	22962.38	3	3	1.00	nl	520	*						
435.3845	22961.75	10	10	1.00	nl	375	*						
435.4068	22960.57	21	19	1.11	nl b	580	-	-466	0.02	31339.46	7.5	8378.91	8.5
435.4190	22959.93	5	5	1.00	nl b	640	-						
435.4534	22958.11	40	29	1.38	nl	1210	+	1088	-0.17	34648.05	10.5	11689.77	9.5
435.5511	22952.97	35	31	1.13	nl	480	-	-340	0.04	31380.04	6.5	8427.11	7.5
435.6127	22949.72	5	4	1.25	nl	300	*						
435.6227	22949.20	5	4	1.25	nl	550	-						
435.6506	22947.73	8	7	1.14	nl b	700	-						
435.7592	22942.01	4	4	1.00	nl	640	+						
435.9430	22932.33	6	5	1.20	nl	600	*						
435.9964	22929.53	20	23	0.87	nl	300	-						
436.0580	22926.28	18	17	1.06	nl	630	-	-323	-0.05	35270.88	6.5	12344.55	6.5
436.1104	22923.53	7	9	0.78	nl b	1260	-	-1167	0	44904.20	10.5	21980.67	11.5
436.1861	22919.55	11	12	0.92	nl	120	*						
436.2718	22915.05	6	5	1.20	nl	700	+						
436.3123	22912.92	4	4	1.00	nl b	560	-						
436.3130	22912.88	5	4	1.25	nl b	200	+	-189	0.08	38768.08	8.5	15855.28	7.5
436.3230	22912.36	7	5	1.40	nl	460	-	-386	0.01	31339.46	7.5	8427.11	7.5
436.4180	22907.37	80	70	1.14	nl	180	-	56	-0.08	36001.87	3.5	13094.42	4.5
436.6018	22897.73	11	8	1.38	nl b	330	*						
436.6086	22897.37	7	7	1.00	nl b	290	+						
436.6231	22896.61	4	3	1.33	nl	450	-						
436.7402	22890.48	4	4	1.00	nl	120	*						
436.9142	22881.36	82	68	1.21		520	-	-354	-0.09	33577.20	4.5	10695.75	4.5
437.0733	22873.03	7	6	1.17	nl	1230	+						
437.1018	22871.54	4	4	1.00	nl	690	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
437.2098	22865.89	64	54	1.19	nl	500	*						
437.2893	22861.73	4	4	1.00	nl	490	*						
437.3188	22860.19	5	5	1.00	nl	670	*						
437.3316	22859.52	403	374	1.08		420	+	207	-0.06	31286.69	8.5	8427.11	7.5
437.3608	22858.00	4	3	1.33	nl	750	*						
437.4651	22852.55	9	10	0.90	nl	130	*						
437.5508	22848.07	3	3	1.00	nl b	280	-						
437.5559	22847.80	4	3	1.33	nl b	700	*						
437.6116	22844.89	30	28	1.07	nl	610	-	-478	-0.03	31272.03	6.5	8427.11	7.5
437.6442	22843.19	5	4	1.25	nl	260	*						
437.7091	22839.81	3	3	1.00	nl b	790	*						
438.0303	22823.06	7	7	1.00	nl	620	-						
438.1308	22817.82	8	6	1.33	nl	700	-						
438.1689	22815.84	41	34	1.21	nl	470	-	-311	-0.06	34346.46	7.5	11530.56	8.5
438.2360	22812.35	8	7	1.14	nl	750	*						
438.2809	22810.01	17	14	1.21	nl	200	*						
438.3140	22808.29	18	13	1.38	nl	190	*						
438.3408	22806.89	14	12	1.17	nl b	1120	+						
438.3443	22806.71	11	11	1.00	nl b	280	*						
438.6638	22790.10	6	6	1.00	nl	820	-						
438.8607	22779.87	32	24	1.33	nl b	1500	-						
438.8623	22779.79	32	24	1.33	nl b	1370	-	-1216	0.01	43278.51	7.5	20498.73	8.5
438.9519	22775.14	15	18	0.83	nl	170	*						
439.0533	22769.88	355	304	1.17	nl	570	-						
439.0963	22767.65	6	5	1.20	nl b	1360	-						
439.1715	22763.75	7	7	1.00	nl b	530	-						
439.1814	22763.24	5	4	1.25	nl b	490	+	277	-0.11	34293.91	8.5	11530.56	8.5
439.3114	22756.50	4	3	1.33	nl	550	-						
439.3696	22753.49	3	3	1.00	nl b	830	*						
439.4752	22748.02	4	3	1.33	nl	330	-						
439.4917	22747.17	67	48	1.40	nl b	1320	+	995	-0.18	34277.91	9.5	11530.56	8.5
439.5118	22746.13	33	29	1.14	nl b	780	*						
439.6948	22736.66	17	14	1.21	nl	660	*						
439.7351	22734.58	8	9	0.89	nl b	590	+	515	-0.06	37864.95	8.5	15130.31	8.5
439.7507	22733.77	9	8	1.13	nl b	870	-						
439.8708	22727.56	4	4	1.00	nl	920	*						
439.8946	22726.34	59	49	1.20	nl	410	*						
439.9080	22725.64	9	8	1.13	nl	620	-						
439.9624	22722.83	7	7	1.00	nl	1000	+						
440.0408	22718.78	16	17	0.94	nl b	1300	+						
440.2676	22707.08	4	4	1.00	nl b	960	-						
440.2788	22706.50	11	9	1.22	nl b	1300	*						
440.3288	22703.93	582	458	1.27		580	-						
440.4698	22696.66	11	12	0.92	nl	820	-						
440.5866	22690.64	14	9	1.56	nl b	760	+	688	-0.08	34013.03	9.5	11322.31	10.5
440.5928	22690.32	24	19	1.26	nl b	445	*						
440.8228	22678.48	5	6	0.83	nl	1290	+						
440.9344	22672.74	12	10	1.20	nl	190	*						
440.9658	22671.13	5	5	1.00	nl	830	*						
440.9828	22670.26	12	12	1.00	nl	630	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
441.0608	22666.25	4	4	1.00	nl	370 +						
441.1134	22663.54	74	66	1.12	nl	430 -	-279	0.01	31042.44	7.5	8378.91	8.5
441.1748	22660.39	11	13	0.85	nl	990 -						
441.2803	22654.97	6	5	1.20	nl	660 -						
441.2968	22654.12	19	16	1.19	nl	750 +						
441.4013	22648.76	4	4	1.00	nl	1050 -						
441.5798	22639.60	203	182	1.12		690 +	571	-0.12	31018.63	9.5	8378.91	8.5
441.6478	22636.12	11	11	1.00	nl b	400 +	185	0.01	37717.23	7.5	15081.12	6.5
441.6553	22635.74	53	59	0.90	nl b	150 *						
441.7336	22631.72	6	5	1.20	nl b	400 *						
441.8438	22626.08	32	29	1.10	nl	570 -						
441.9761	22619.31	5	6	0.83	nl	1050 *						
442.0070	22617.73	3	3	1.00	nl	320 *						
442.0280	22616.65	26	22	1.18	nl	120 *	-16	-0.11	33312.51	5.5	10695.75	4.5
442.0779	22614.10	3	3	1.00	nl	170 *						
442.1747	22609.15	7	6	1.17	nl	490 -	-246	0.06	39345.04	5.5	16735.95	6.5
442.2443	22605.59	4	4	1.00	nl	420 +						
442.2743	22604.06	20	20	1.00		335 +	196	-0.08	34293.91	8.5	11689.77	9.5
442.4006	22597.60	21	21	1.00	nl	150 *						
442.4468	22595.24	4	4	1.00	nl	1150 *						
442.5561	22589.66	27	25	1.08	nl	740 +	559	-0.12	32331.28	9.5	9741.50	9.5
442.5890	22587.98	12	10	1.20	nl	1010 +	898	-0.16	34277.91	9.5	11689.77	9.5
442.7370	22580.43	3	3	1.00	nl	280 +						
442.7548	22579.53	5	4	1.25	nl	820 +						
442.8208	22576.16	9	9	1.00	nl	520 +						
442.8310	22575.64	4	4	1.00	nl	150 +						
442.9209	22571.06	23	20	1.15	nl b	320 -						
442.9330	22570.44	4	4	1.00	nl b	690 -						
443.1247	22560.68	7	6	1.17	nl b	130 *						
443.1315	22560.33	18	15	1.20	nl b	430 *	-238	0.01	31707.40	5.5	9147.08	6.5
443.1833	22557.69	4	4	1.00	nl	810 *						
443.2158	22556.04	6	6	1.00	nl	880 -						
443.2378	22554.92	12	11	1.09	nl	870 *						
443.2558	22554.00	6	7	0.86	nl b	500 -						
443.2898	22552.28	5	6	0.83	nl	370 +						
443.3053	22551.49	16	13	1.23	nl	480 *						
443.3158	22550.95	13	11	1.18	nl	440 *						
443.3474	22549.34	11	9	1.22		550 -	-454	-0.08	34888.46	7.5	12339.04	7.5
443.4563	22543.81	3	2	1.50	nl	480 *	-439	-0.1	34888.46	7.5	12344.55	6.5
443.5648	22538.29	30	30	1.00	nl	390 *						
443.7454	22529.12	6	5	1.20	nl	680 -	-608	-0.1	34868.26	8.5	12339.04	7.5
443.8448	22524.08	4	4	1.00	nl	820 *						
444.0095	22515.72	4	4	1.00	nl	530 *						
444.1490	22508.65	17	15	1.13		460 *	-261	-0.06	34853.26	7.5	12344.55	6.5
444.3073	22500.63	49	41	1.20	nl	340 *	-97	0.01	22500.62	7.5	0.00	7.5
444.4664	22492.57	230	151	1.52	nl	660 -	-537	-0.1	33188.42	3.5	10695.75	4.5
444.5052	22490.61	4	5	0.80	nl b	1360 -	-1163	0.09	38345.80	7.5	15855.28	7.5
444.5805	22486.80	5	5	1.00	nl	570 +						
444.6684	22482.36	15	11	1.36	nl	1000 +	892	-0.11	34013.03	9.5	11530.56	8.5
444.7183	22479.84	15	11	1.36	nl b	690 -						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
444.7273	22479.38	19	16	1.19	nl b	890	-						
444.7772	22476.86	45	39	1.15		155	+	59	-0.03	22476.89	8.5	0.00	7.5
444.8915	22471.08	6	6	1.00	nl	170	*						
444.9508	22468.09	3	3	1.00	nl	920	*						
445.0433	22463.42	5	6	0.83	nl	455	*						
445.0543	22462.86	4	4	1.00	nl	120	*						
445.0701	22462.06	6	4	1.50	nl	820	*	-765	-0.04	38317.38	8.5	15855.28	7.5
445.1018	22460.47	12	12	1.00	nl	490	-						
445.2298	22454.01	5	4	1.25	nl	450	*						
445.2534	22452.82	35	27	1.30	nl b	630	+	502	-0.02	33983.40	8.5	11530.56	8.5
445.4708	22441.86	5	6	0.83	nl	1050	*						
445.4958	22440.60	141	128	1.10	nl	360	+						
445.6538	22432.65	16	15	1.07	nl	150	*						
445.6847	22431.09	27	40	0.68		660	*	-518	-0.09	35514.11	5.5	13082.93	5.5
445.7669	22426.96	25	22	1.14		130	*	-35	-0.03	30805.90	8.5	8378.91	8.5
445.9452	22417.99	5	5	1.00	nl	650	*						
446.0231	22414.07	285	245	1.16		330	-	-155	0.03	22414.04	6.5	0.00	7.5
446.2328	22403.54	13	15	0.87	nl	600	-						
446.3238	22398.97	27	32	0.84	nl	1560	-						
446.4094	22394.68	47	43	1.09		160	-	-87	0	30773.59	7.5	8378.91	8.5
446.4415	22393.07	26	20	1.30	nl	280	+	33	-0.04	31540.19	7.5	9147.08	6.5
446.5063	22389.82	5	4	1.25	nl	360	*						
446.5668	22386.78	6	6	1.00	nl b	350	+	-256	-0.13	41124.70	9.5	18737.79	8.5
446.5737	22386.44	8	8	1.00	nl b	1360	-	-1133	0.05	38241.67	6.5	15855.28	7.5
446.6538	22382.42	19	20	0.95	nl b	450	+						
446.7273	22378.74	1280	1150	1.11		130	+	42	-0.05	30805.90	8.5	8427.11	7.5
446.8078	22374.71	11	11	1.00	nl	1750	-						
446.8551	22372.34	4	3	1.33	nl	120	*						
446.8678	22371.71	4	4	1.00	nl	640	-						
446.9079	22369.70	20	16	1.25	nl	560	-	-434	-0.04	34714.29	5.5	12344.55	6.5
446.9348	22368.35	6	5	1.20	nl	500	-						
447.0212	22364.03	41	49	0.84	nl	850	-						
447.0638	22361.90	9	7	1.29	nl	160	+						
447.1748	22356.35	5	5	1.00	nl	210	-						
447.1968	22355.25	14	15	0.93	nl	300	+						
447.2868	22350.75	5	6	0.83	nl	580	-						
447.3725	22346.47	14	11	1.27	nl b	140	*	-9	-0.01	30773.59	7.5	8427.11	7.5
447.4938	22340.41	7	8	0.88	nl	320	-						
447.5911	22335.55	4	3	1.33	nl	1360	+						
447.7928	22325.49	18	19	0.95	nl	730	-						
448.0075	22314.79	34	32	1.06	a	170	*	-94	0.27	34653.56	6.5	12339.04	7.5
448.0803	22311.17	17	16	1.06	nl	1260	-						
448.1003	22310.17	26	26	1.00	nl b	380	+						
448.1186	22309.26	16	16	1.00	b a	180	*	-79	0.25	34653.56	6.5	12344.55	6.5
448.2398	22303.23	4	3	1.33	nl	1200	*						
448.2788	22301.29	8	6	1.33	nl	665	-						
448.3158	22299.45	8	6	1.33	nl	810	+						
448.4318	22293.68	39	37	1.05	nl b	200	*						
448.4325	22293.65	29	24	1.21	nl b	520	+	416	0.02	33983.40	8.5	11689.77	9.5
448.6444	22283.12	4	4	1.00	nl	140	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l
448.7589	22277.43	4	5	0.80	nl b	600 +	486	-0.03	33808.02	7.5	11530.56	8.5
448.7698	22276.89	8	7	1.14	nl b	530 *						
448.9142	22269.72	3	3	1.00	nl	240 *						
448.9578	22267.56	10	11	0.91	nl	870 +						
449.1030	22260.36	4	3	1.33	nl	940 +						
449.1285	22259.10	4	4	1.00	nl	360 -						
449.3736	22246.96	6	6	1.00	nl b	530 -	-357	0.02	31394.02	5.5	9147.08	6.5
449.4613	22242.62	10	8	1.25	nl b	700 -						
449.4968	22240.86	20	22	0.91	nl	960 -						
449.5173	22239.84	48	37	1.30	nl	560 +	435	-0.04	34584.43	6.5	12344.55	6.5
449.6014	22235.68	94	60	1.57	nl	610 -	-484	-0.08	32931.51	3.5	10695.75	4.5
449.6564	22232.97	8	8	1.00	nl b	500 *	-278	0.01	31380.04	6.5	9147.08	6.5
449.6646	22232.56	41	42	0.98	nl b	550 -						
449.7178	22229.93	5	4	1.25	nl	460 *						
449.7722	22227.24	340	300	1.13		1060 +	951	-0.1	22227.34	7.5	0.00	7.5
449.8793	22221.95	10	8	1.25		770 *	302	-0.07	32917.77	5.5	10695.75	4.5
450.4162	22195.46	23	20	1.15		370 -	-170	-0.03	34534.53	6.5	12339.04	7.5
450.4987	22191.40	17	19	0.89	nl	890 +						
450.5286	22189.93	8	6	1.33		600 *	-177	-0.05	34534.53	6.5	12344.55	6.5
450.6954	22181.71	3	3	1.00	nl	280 -						
450.8030	22176.42	8	8	1.00	nl b	350 +	119	-0.04	35270.88	4.5	13094.42	4.5
450.8035	22176.39	8	8	1.00	nl b	120 *						
450.8928	22172.00	6	7	0.86	nl	380 *						
450.9226	22170.54	10	10	1.00	nl	200 *						
450.9343	22169.96	3	3	1.00	nl	580 -						
450.9718	22168.12	4	4	1.00	nl	380 -						
451.0918	22162.22	126	103	1.22	nl b	880 +						
451.1799	22157.89	237	224	1.06		400 -	-305	0.01	22157.88	6.5	0.00	7.5
451.2389	22155.00	7	5	1.40	nl b	220 +	32	-0.04	30582.15	8.5	8427.11	7.5
451.3518	22149.46	5	6	0.83	nl	645 *						
451.4263	22145.80	20	19	1.05	nl	300 *	-94	-0.05	37226.97	5.5	15081.12	6.5
451.5166	22141.37	12	10	1.20	nl	340 +	149	-0.09	32837.21	5.5	10695.75	4.5
451.5378	22140.33	31	34	0.91	nl	750 -						
451.6533	22134.67	4	3	1.33	nl	360 +						
451.8529	22124.89	36	34	1.06	nl b	610 *	-391	-0.06	31272.03	6.5	9147.08	6.5
451.8723	22123.94	5	5	1.00	nl b	1220 +						
451.8902	22123.07	4	4	1.00	nl	380 -						
451.9338	22120.93	13	10	1.30	nl	250 -						
451.9658	22119.37	5	4	1.25	nl	190 -						
451.9898	22118.19	47	43	1.09	nl	430 +						
452.0328	22116.09	15	13	1.15	nl	870 +						
452.0447	22115.51	6	7	0.86	nl	120 -						
452.1003	22112.79	4	4	1.00	nl	700 -						
452.2028	22107.77	4	4	1.00	nl	870 +						
452.3828	22098.98	6	7	0.86	nl	580 *						
452.5203	22092.26	4	3	1.33	nl	850 -						
452.6653	22085.19	7	8	0.88	nl	830 -						
452.8583	22075.77	6	7	0.86	nl	1340 +						
452.9952	22069.10	7	7	1.00	nl b	980 +	987	-0.12	37150.34	7.5	15081.12	6.5
453.1300	22062.54	227	162	1.40	b	660 -	-537	-0.08	32758.37	3.5	10695.75	4.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
453.3561	22051.53	25	22	1.14	nl	160 -	75	-0.03	31793.06	8.5	9741.50	9.5
453.3923	22049.77	3	3	1.00	nl	200 -						
453.4378	22047.56	23	20	1.15	nl	630 +						
453.4581	22046.57	701	598	1.17		690 +	576	-0.1	30425.58	9.5	8378.91	8.5
453.5998	22039.69	27	33	0.82	nl	620 *						
453.6508	22037.21	23	17	1.35	nl b	680 -						
453.7128	22034.20	6	6	1.00	nl	410 +						
453.8758	22026.28	5	6	0.83	nl	470 +						
453.9248	22023.91	7	7	1.00	nl	1670 +						
454.0398	22018.33	16	19	0.84	nl	410 -						
454.1208	22014.40	36	42	0.86	nl	860 +						
454.3751	22002.08	29	27	1.07	nl b	240 -						
454.3806	22001.81	164	134	1.22	nl b	280 +	-175	-0.1	34346.46	7.5	12344.55	6.5
454.3945	22001.14	4	4	1.00	nl	210 *						
454.6748	21987.58	31	34	0.91	nl	820 +	580	0.01	37842.85	7.5	15855.28	7.5
454.7399	21984.43	7	8	0.88	nl	390 -						
454.7501	21983.94	31	35	0.89	nl	260 *						
454.7708	21982.94	4	3	1.33	nl	480 *						
454.8108	21981.00	8	7	1.14	nl	1250 -						
455.0088	21971.44	9	8	1.13	nl	490 -						
455.0373	21970.06	74	62	1.19	nl	310 -	199	-0.05	34309.15	6.5	12339.04	7.5
455.0778	21968.11	36	31	1.16	nl	380 -						
455.1778	21963.28	11	9	1.22	nl	400 -						
455.3298	21955.95	20	16	1.25	nl	910 -						
455.3546	21954.75	9	9	1.00		550 +	405	-0.12	34293.91	8.5	12339.04	7.5
455.4834	21948.55	92	77	1.19		110 *	25	-0.03	30327.49	8.5	8378.91	8.5
455.5228	21946.65	3	3	1.00	nl	670 *						
455.5525	21945.22	4	5	0.80	nl b	290 +	-198	-0.13	40701.57	8.5	18756.22	7.5
455.6738	21939.37	25	24	1.04	nl	190 -						
455.7044	21937.90	143	124	1.15	nl	430 -	-329	-0.1	32633.75	3.5	10695.75	4.5
455.7384	21936.26	5	5	1.00	nl	840 +	826	-0.03	33466.85	8.5	11530.56	8.5
455.7958	21933.50	13	14	0.93	nl b	460 +						
455.8101	21932.81	4	4	1.00	nl b	900 *						
455.8343	21931.65	5	5	1.00	nl b	840 *						
456.0520	21921.18	5	5	1.00	nl	590 *						
456.0633	21920.64	12	12	1.00	nl	520 +						
456.1318	21917.35	5	6	0.83	nl b	440 -						
456.1393	21916.99	3	3	1.00	nl b	1070 -						
456.1778	21915.14	40	32	1.25	nl	270 +						
456.2178	21913.21	5	6	0.83	nl	1090 +						
456.2467	21911.83	685	541	1.27		880 +	784	-0.07	30339.01	6.5	8427.11	7.5
456.3173	21908.44	12	13	0.92	nl	510 -						
456.3488	21906.92	27	28	0.96	nl	720 +	615	-0.06	37762.26	8.5	15855.28	7.5
456.4861	21900.34	11	10	1.10	nl b	380 +	84	-0.04	30327.49	8.5	8427.11	7.5
456.4980	21899.76	6	5	1.20	nl b	780 -						
456.5398	21897.76	5	5	1.00	nl	540 -						
456.6336	21893.26	6	6	1.00	nl b	1000 -						
456.8128	21884.67	5	5	1.00	nl	1030 +						
456.8378	21883.48	5	5	1.00	nl	1380 +						
456.9619	21877.53	4	4	1.00	nl	700 +						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
457.0280	21874.37	3	3	1.00	nl	890	*						
457.0486	21873.38	7	7	1.00	nl b	1330	+						
457.0498	21873.32	11	11	1.00	nl b	370	+						
457.3818	21857.45	8	8	1.00	nl b	720	*						
457.3892	21857.09	4	4	1.00	nl b	500	+						
457.6062	21846.73	18	15	1.20		440	-	-277	-0.05	34185.82	6.5	12339.04	7.5
457.8061	21837.19	42	62	0.68	nl b	1420	-	-1340	-0.08	43054.38	9.5	21217.11	9.5
457.8408	21835.54	8	6	1.33	nl	250	+						
457.8853	21833.41	11	11	1.00	nl	1220	-						
457.9113	21832.17	10	9	1.11	nl	410	-						
457.9753	21829.12	6	6	1.00	nl	230	-						
457.9938	21828.24	4	4	1.00	nl	270	-						
458.1748	21819.62	5	5	1.00	nl b	520	*						
458.1868	21819.05	14	14	1.00	nl b	1580	-						
458.2023	21818.31	14	14	1.00	nl b	620	+						
458.2248	21817.24	6	7	0.86	nl b	1000	+						
458.2252	21817.22	8	8	1.00	nl b	200	+						
458.4708	21805.53	5	5	1.00	nl	210	+						
458.5042	21803.94	5	4	1.25	nl	130	*						
458.6533	21796.85	26	22	1.18	nl	170	+	104	-0.1	37652.23	8.5	15855.28	7.5
458.6668	21796.21	5	5	1.00	nl	230	+						
458.7268	21793.36	5	5	1.00	nl	500	*						
458.7558	21791.98	4	3	1.33	nl	830	*						
458.8463	21787.69	14	11	1.27	nl	430	-						
458.8698	21786.57	5	6	0.83	nl	410	-						
458.9193	21784.22	5	6	0.83	nl	510	-						
459.0697	21777.08	3	3	1.00	nl b	830	+	682	0	33466.85	8.5	11689.77	9.5
459.1343	21774.02	320	278	1.15	nl	1280	+	1181	-0.18	31515.70	10.5	9741.50	9.5
459.1706	21772.30	6	7	0.86	nl	1060	-						
459.1878	21771.48	9	11	0.82	nl	310	+						
459.2288	21769.54	8	8	1.00	nl	930	+						
459.3408	21764.23	10	8	1.25	nl	530	-						
459.5076	21756.33	61	50	1.22	nl	760	+	551	-0.07	30135.31	8.5	8378.91	8.5
459.7698	21743.92	11	13	0.85	nl	700	+						
459.9688	21734.52	5	4	1.25	nl	780	+						
460.2448	21721.48	130	105	1.24		1000	+	844	-0.1	27141.28	6.5	5419.70	6.5
460.3421	21716.89	10	12	0.83	nl b	380	*						
460.4170	21713.36	66	76	0.87	nl	160	+						
460.4428	21712.14	6	5	1.20	nl	600	-						
460.4659	21711.05	29	23	1.26	nl	670	+						
460.5282	21708.12	137	115	1.19	nl	750	+	628	-0.08	30135.31	8.5	8427.11	7.5
460.7910	21695.74	141	134	1.05	nl	870	+	765	0.17	37550.85	6.5	15855.28	7.5
460.8378	21693.53	8	8	1.00	nl	210	*						
460.8497	21692.97	15	17	0.88	nl	530	*						
460.9972	21686.03	5	5	1.00	nl	160	-						
461.2083	21676.11	4	3	1.33	nl	280	+						
461.3113	21671.27	4	4	1.00	nl	760	-						
461.3220	21670.76	576	470	1.23		230	*	-147	-0.04	30049.71	9.5	8378.91	8.5
461.3359	21670.11	602	470	1.28		860	+	767	-0.08	30049.10	7.5	8378.91	8.5
461.3883	21667.65	4	4	1.00	nl	650	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
461.4038	21666.92	6	6	1.00	nl b	710	+						
461.7208	21652.05	4	4	1.00	nl	790	-						
461.7428	21651.02	8	6	1.33	nl	500	-						
461.7702	21649.73	6	5	1.20	nl	230	+						
461.7765	21649.44	4	3	1.33	nl	120	*						
461.7888	21648.86	6	6	1.00	nl	600	+						
461.8038	21648.16	8	7	1.14	nl	800	*						
461.8821	21644.49	174	130	1.34	nc b	790	+	614	-0.15	33983.68	7.5	12339.04	7.5
461.8854	21644.33	174	130	1.34	nc b	790	+	615	-0.03	33983.40	8.5	12339.04	7.5
461.9538	21641.13	13	11	1.18	nl	680	*						
461.9862	21639.61	5	5	1.00	nl b	440	*						
461.9969	21639.10	27	26	1.04	nl b	570	+	346	-0.03	33983.68	7.5	12344.55	6.5
462.0378	21637.19	21	21	1.00	nl	610	-						
462.1088	21633.87	6	6	1.00	nl	900	-						
462.1218	21633.26	14	16	0.88	nl	130	+						
462.1641	21631.28	52	42	1.24	nl	560	-	-392	-0.08	34714.29	5.5	13082.93	5.5
462.2628	21626.66	31	28	1.11	nl b	590	-						
462.2668	21626.47	31	28	1.11	b	210	*	82	-0.04	30773.59	7.5	9147.08	6.5
462.3646	21621.90	78	61	1.28		965	+	844	-0.09	30049.10	7.5	8427.11	7.5
462.5033	21615.41	4	4	1.00	nl	450	+						
462.6698	21607.64	6	5	1.20	nl	1380	*						
462.7852	21602.25	20	13	1.54	nl	180	*	-65	0	30029.36	6.5	8427.11	7.5
462.8222	21600.52	608	458	1.33		750	+	658	-0.08	29979.51	7.5	8378.91	8.5
462.8708	21598.25	6	7	0.86	nl	270	-						
462.9528	21594.43	14	14	1.00	nl	340	*						
463.1579	21584.86	41	35	1.17		740	*	491	-0.03	21584.89	6.5	0.00	7.5
463.2808	21579.14	61	71	0.86	nl b	1080	-						
463.2833	21579.02	48	57	0.84	nl b	190	*	-109	0.04	33268.75	8.5	11689.77	9.5
463.4348	21571.97	5	5	1.00	nl	320	-						
463.4590	21570.84	47	44	1.07	b a	200	-	-39	0.21	34653.56	6.5	13082.93	5.5
463.4618	21570.71	5	4	1.25	nl b	1280	-						
463.4630	21570.66	50	52	0.96	nl b	190	+	-76	-0.08	37426.02	8.5	15855.28	7.5
463.7498	21557.32	17	15	1.13	nl b	1640	-						
463.7578	21556.94	15	15	1.00	nl b	750	*						
463.8575	21552.31	44	34	1.29		830	+	725	-0.09	29979.51	7.5	8427.11	7.5
463.9623	21547.44	62	72	0.86	nl	2325	-	-2133	-0.06	36677.81	9.5	15130.31	8.5
464.0111	21545.17	190	173	1.10		140	*	56	-0.02	31286.69	8.5	9741.50	9.5
464.0938	21541.34	5	4	1.25	nl	390	-						
464.1223	21540.01	5	4	1.25	nl	1080	+						
464.1651	21538.03	432	368	1.17		1400	+	1283	0.03	26957.70	7.5	5419.70	6.5
464.3453	21529.67	4	4	1.00	nl	420	*						
464.3608	21528.95	5	5	1.00	nl	620	-						
464.3918	21527.51	21	23	0.91	nl	710	-	-592	-0.12	26947.33	6.5	5419.70	6.5
464.4808	21523.39	24	24	1.00	nl	290	*						
464.5148	21521.81	46	36	1.28	nl	360	-						
464.5498	21520.19	12	12	1.00	nl	2030	-						
464.6888	21513.76	5	6	0.83	nl	1230	+						
464.9552	21501.43	41	33	1.24	nl b	680	+	458	-0.07	34584.43	6.5	13082.93	5.5
465.0078	21499.00	6	7	0.86	nl	170	-						
465.0315	21497.90	4	5	0.80	nl	580	+	359	-0.12	37652.23	8.5	16154.21	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
465.0528	21496.92	3	3	1.00	nl	630	*						
465.1128	21494.14	10	10	1.00	nl	500	-						
465.2425	21488.15	3	3	1.00	nl	370	+						
465.3440	21483.47	4	3	1.33	nl	930	+						
465.3618	21482.64	7	7	1.00	nl	560	+						
465.3798	21481.81	29	22	1.32	nl	120	*						
465.4373	21479.16	30	33	0.91	nl	750	+						
465.4746	21477.44	4	4	1.00	nl b	590	-						
465.5783	21472.65	4	4	1.00	nl b	570	*						
465.5938	21471.94	6	5	1.20	nl b	1430	-						
465.6326	21470.15	4	3	1.33	nl	520	*						
465.7772	21463.48	190	190	1.00	nl	465	*	65	-0.04	38345.80	7.5	16882.28	7.5
465.8255	21461.26	23	23	1.00	nl	980	+						
465.8603	21459.66	6	5	1.20	nl	590	+						
465.9595	21455.09	27	23	1.17	nl	420	*	318	-0.05	29834.05	7.5	8378.91	8.5
466.0373	21451.50	5	3	1.67		280	+	-132	-0.1	34534.53	6.5	13082.93	5.5
466.0528	21450.79	15	11	1.36	nl b	600	*						
466.0806	21449.51	3	3	1.00	nl b	450	*						
466.1689	21445.45	3	3	1.00	nl	180	-						
466.1743	21445.20	4	3	1.33	nl	230	-						
466.2378	21442.28	130	110	1.18	nl	970	+						
466.2778	21440.44	10	11	0.91	nl	215	-						
466.3625	21436.55	90	68	1.32	nl	350	-						
466.3968	21434.97	22	24	0.92	nl	620	+						
466.4795	21431.17	5	5	1.00	nl	740	+						
466.5588	21427.53	6	6	1.00	nl	480	*						
466.6638	21422.71	5	5	1.00	nl	340	+						
466.7028	21420.92	30	29	1.03	nl	1180	+						
466.8673	21413.37	31	35	0.89	nl	140	*	52	0.03	40151.13	7.5	18737.79	8.5
466.8918	21412.25	18	16	1.13	nl	870	-						
466.9548	21409.36	4	3	1.33	nl	650	*						
466.9988	21407.34	6	6	1.00	nl b	870	+						
467.0089	21406.88	18	15	1.20	b	590	+	395	-0.06	29834.05	7.5	8427.11	7.5
467.0541	21404.81	3	3	1.00	nl	1090	+	997	-0.03	37842.85	7.5	16438.01	8.5
467.1113	21402.18	5	6	0.83	nl	230	-						
467.1968	21398.27	9	11	0.82	nl b	210	+						
467.2071	21397.80	6	7	0.86	nl b	1250	-	-1138	0.09	40265.25	7.5	18867.54	6.5
467.2294	21396.77	49	45	1.09	nl b	1300	+	1211	0.13	37550.85	6.5	16154.21	7.5
467.3635	21390.64	4	4	1.00	nl	830	-						
467.5248	21383.26	3	3	1.00	nl	580	*						
467.5588	21381.70	8	8	1.00	nl	910	*						
467.6388	21378.04	20	21	0.95	nl	625	-						
467.7820	21371.50	34	42	0.81	nl	1150	-	-1054	0.17	40648.25	8.5	19276.92	7.5
467.9388	21364.34	4	3	1.33	nl	370	-						
467.9588	21363.42	16	20	0.80	nl	150	*	-69	-0.01	40101.22	7.5	18737.79	8.5
468.0489	21359.31	27	29	0.93	nl	210	-	107	-0.08	38241.67	6.5	16882.28	7.5
468.0653	21358.56	62	58	1.07	nl b	230	-						
468.0728	21358.22	12	12	1.00	nl b	210	*						
468.0763	21358.06	7	7	1.00	nl b	690	+						
468.2508	21350.10	5	5	1.00	nl	630	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
468.3058	21347.60	115	122	0.94	nl	480	-						
468.3718	21344.59	7	7	1.00	nl	690	*						
468.3866	21343.91	31	22	1.41		115	*	-29	-0.03	32039.69	4.5	10695.75	4.5
468.4448	21341.26	5	5	1.00	nl	1010	+						
468.4798	21339.67	3	3	1.00	nl	200	+						
468.5108	21338.25	39	41	0.95	nl	470	-						
468.5433	21336.77	4	4	1.00	nl	140	+						
468.5908	21334.61	7	5	1.40	nl b	1280	-	1141	0	37772.62	9.5	16438.01	8.5
468.8204	21324.16	8	10	0.80	nl b	1110	+	1022	-0.09	37762.26	8.5	16438.01	8.5
468.8918	21320.92	16	14	1.14	nl	950	+						
469.0497	21313.74	25	21	1.19	b	670	-	-400	-0.02	29692.67	9.5	8378.91	8.5
469.0509	21313.68	69	69	1.00	nl b	660	*	207	-0.01	40051.48	8.5	18737.79	8.5
469.1253	21310.30	5	4	1.25	nl	260	-						
469.1430	21309.50	7	6	1.17	nl	290	-						
469.1898	21307.37	6	6	1.00	nl b	630	+						
469.1990	21306.96	146	117	1.25	nl b	170	*						
469.2173	21306.13	4	4	1.00	nl b	570	*						
469.3756	21298.94	6	7	0.86	nl	230	*						
469.3843	21298.55	5	6	0.83	nl	270	+						
469.4617	21295.03	45	42	1.07	nl	620	*	312	-0.03	37150.34	7.5	15855.28	7.5
469.5033	21293.15	9	8	1.13	nl	485	-						
469.5418	21291.40	18	16	1.13	nl	120	*						
469.5985	21288.83	5	4	1.25	nl	180	-						
469.6519	21286.41	115	118	0.97	nl	235	+	51	-0.04	38345.80	7.5	17059.35	6.5
469.6666	21285.74	5	6	0.83	nl b	960	*						
469.7013	21284.17	11	10	1.10	nl	1090	+						
469.7323	21282.77	4	3	1.33	nl	320	*						
469.8118	21279.17	7	6	1.17	nl	420	-	-70	-0.05	37717.23	7.5	16438.01	8.5
469.8338	21278.17	11	13	0.85	nl	610	-						
469.9338	21273.64	5	4	1.25	nl	820	-						
469.9538	21272.74	6	7	0.86	nl	130	*						
470.1988	21261.65	63	68	0.93	nl	200	-						
470.4090	21252.15	4	3	1.33	nl	160	-						
470.4168	21251.80	9	9	1.00	nl	500	*						
470.4488	21250.35	5	6	0.83	nl	430	-						
470.4672	21249.52	7	6	1.17	nl b	820	-						
470.4743	21249.20	9	11	0.82	nl b	870	*						
470.6428	21241.59	9	7	1.29	nl	470	*						
470.7268	21237.80	5	4	1.25	nl	400	-						
470.7488	21236.81	4	4	1.00	nl	430	*						
470.8173	21233.72	7	6	1.17	nl b	130	-	7	0.03	29660.80	6.5	8427.11	7.5
470.8176	21233.71	5	6	0.83	nl b	1010	-	-616	0.03	40101.22	7.5	18867.54	6.5
470.8410	21232.65	6	5	1.20	nl	460	-						
470.8571	21231.93	9	9	1.00	nl	930	+						
470.8731	21231.21	4	4	1.00	nl	340	+						
470.9862	21226.11	160	130	1.23	nc b	290	+	277	-0.11	34309.15	6.5	13082.93	5.5
471.0352	21223.90	4	3	1.33	nl	390	-	340	-0.02	39875.45	6.5	18651.53	7.5
471.2528	21214.10	4	4	1.00	nl	490	*	347	-0.12	37652.23	8.5	16438.01	8.5
471.3548	21209.51	6	5	1.20	nl	820	-						
471.4008	21207.44	15	12	1.25		465	-	-278	-0.09	31903.28	5.5	10695.75	4.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
471.6268	21197.28	35	31	1.13	nl b	1290	+						
471.6778	21194.98	8	7	1.14	nl b	170	*						
471.6798	21194.89	7	7	1.00	nl b	1520	+						
471.7206	21193.06	9	10	0.90	nl	910	+						
471.7481	21191.82	685	547	1.25		980	+	860	-0.11	30339.01	6.5	9147.08	6.5
471.7681	21190.93	172	169	1.02	nl	280	-	5	-0.04	38250.32	5.5	17059.35	6.5
471.7808	21190.36	9	9	1.00	nl	200	-						
471.9112	21184.50	6	5	1.20	nl	390	*	241	-0.03	33523.57	7.5	12339.04	7.5
471.9617	21182.24	146	142	1.03	nl	270	+	89	-0.08	38241.67	6.5	17059.35	6.5
471.9860	21181.14	19	19	1.00	nl	1380	+	1283	-0.14	37619.29	9.5	16438.01	8.5
472.0353	21178.93	12	11	1.09	nl	460	+						
472.0989	21176.08	12	9	1.33	nl	590	+	461	-0.17	34270.67	5.5	13094.42	4.5
472.1548	21173.57	8	7	1.14	nl	340	+						
472.1714	21172.83	10	10	1.00	nl	910	-	-794	0.03	39910.59	8.5	18737.79	8.5
472.2698	21168.42	9	7	1.29	nl	450	*						
472.3078	21166.71	4	6	0.67	b	120	-	87	0.05	39904.45	7.5	18737.79	8.5
472.4098	21162.14	17	15	1.13	nl b	760	*						
472.4188	21161.74	6	6	1.00	nl b	950	-						
472.5323	21156.66	4	4	1.00	nl	100	*						
472.6288	21152.34	9	7	1.29	nl	1020	+						
472.7576	21146.57	17	16	1.06	nl b	1160	+	785	-0.18	29751.91	6.5	8605.16	5.5
472.7653	21146.23	9	10	0.90	nl b	180	*						
472.8108	21144.20	4	4	1.00	nl	1150	*						
472.8845	21140.90	69	58	1.19	nl b	140	-	-45	0.01	32671.45	7.5	11530.56	8.5
473.0526	21133.39	70	56	1.25	nl b	310	+	171	-0.02	30280.49	5.5	9147.08	6.5
473.0599	21133.06	30	34	0.88	nl b	360	-	248	0.03	37842.85	7.5	16709.82	8.5
473.1782	21127.77	5	5	1.00	nl b	790	*	933	-0.04	33466.85	8.5	12339.04	7.5
473.1918	21127.17	21	26	0.81	nl b	495	-						
473.3540	21119.93	4	4	1.00	nl	220	+						
473.4518	21115.57	4	4	1.00	nl b	1710	+						
473.4711	21114.71	5	5	1.00	nl	1590	+						
473.5288	21112.14	13	12	1.08	nl	530	+						
473.7090	21104.10	58	48	1.21	nl	1080	+						
473.7386	21102.78	13	10	1.30		405	+	-225	-0.11	34185.82	6.5	13082.93	5.5
473.8628	21097.26	5	5	1.00	nl	565	+						
473.8950	21095.82	14	11	1.27	nl	560	+						
474.0483	21089.00	5	5	1.00	nl	1680	+	1604	0.05	37971.23	8.5	16882.28	7.5
474.1035	21086.54	6	5	1.20	nl	830	+	665	-0.15	29465.60	9.5	8378.91	8.5
474.4968	21069.07	33	29	1.14	nl	130	-						
474.5298	21067.60	7	6	1.17	nl	430	+						
474.5828	21065.25	8	7	1.14	nl b	1100	+						
474.6020	21064.40	278	253	1.10	b	280	-	-111	0	30805.90	8.5	9741.50	9.5
474.6091	21064.08	98	86	1.14	b	700	+	593	-0.1	29443.09	8.5	8378.91	8.5
474.6264	21063.31	4	4	1.00	nl	320	+						
474.6396	21062.73	24	26	0.92	nl	540	+	454	-0.07	37772.62	9.5	16709.82	8.5
474.6891	21060.53	4	3	1.33	nl	640	*						
474.7088	21059.66	17	15	1.13	nl	650	+						
474.8715	21052.44	46	51	0.90	nl	680	*	335	0	37762.26	8.5	16709.82	8.5
474.8912	21051.57	46	46	1.00	nl	210	+						
474.9188	21050.35	43	33	1.30	nl b	590	+						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
475.0238	21045.69	6	7	0.86	nl	580	*						
475.0436	21044.81	140	97	1.44	nl	235	-	93	0.00	21044.81	6.5	0.00	7.5
475.0868	21042.90	6	6	1.00	nl	160	*						
475.2828	21034.22	4	4	1.00	nl	480	*						
475.3077	21033.12	84	65	1.29		758	-	-644	-0.13	29638.41	4.5	8605.16	5.5
475.4738	21025.77	40	30	1.33	nl	510	-						
475.5133	21024.03	6	6	1.00	nl	210	+						
475.5958	21020.38	5	5	1.00	nl	770	*						
475.6421	21018.34	25	21	1.19	nl b	1040	*						
475.6548	21017.77	25	22	1.14	nl b	1500	+						
475.6780	21016.75	10	12	0.83	nl	210	*						
475.6834	21016.51	31	32	0.97	nl	340	*	125	0.01	36152.56	8.5	15136.06	7.5
475.6978	21015.87	765	675	1.13		760	+	652	-0.11	29443.09	8.5	8427.11	7.5
475.7633	21012.98	4	3	1.33	nl	790	*						
475.8478	21009.25	4	4	1.00	nl b	350	*						
475.8565	21008.86	7	7	1.00	nl b	580	+	511	-0.11	32331.28	9.5	11322.31	10.5
475.8908	21007.35	6	6	1.00	nl	860	-						
476.0460	21000.50	11	16	0.69	nl	630	-	-517	0.07	41124.70	9.5	20124.27	9.5
476.0798	20999.01	82	74	1.11	nl	260	*						
476.1488	20995.97	5	4	1.25	nl	850	+						
476.2122	20993.17	20	24	0.83	nl	1000	-	-900	0.06	40270.03	8.5	19276.92	7.5
476.2399	20991.95	6	6	1.00	nl b	580	+						
476.3103	20988.85	158	160	0.99	nl	150	*						
476.4342	20983.39	8	8	1.00	nl	100	*						
476.4468	20982.84	8	8	1.00	nl b	810	+						
476.5358	20978.92	4	4	1.00	nl	80	+						
476.5768	20977.11	6	5	1.20	nl	570	+						
476.6003	20976.08	6	6	1.00	nl	370	-						
476.6278	20974.87	5	6	0.83	nl	400	*						
476.6473	20974.01	16	18	0.89	nl b	670	+						
476.8428	20965.41	5	4	1.25	nl	410	*						
476.9073	20962.57	4	5	0.80	nl	140	*	-21	0.08	39700.28	9.5	18737.79	8.5
476.9317	20961.50	4	3	1.33	nl b	630	+						
476.9400	20961.14	6	5	1.20	nl b	470	*						
477.2608	20947.05	4	4	1.00	nl	940	*						
477.3398	20943.58	16	19	0.84	nl	340	-						
477.3672	20942.38	23	27	0.85	nl	550	-	-340	-0.03	37652.23	8.5	16709.82	8.5
477.4195	20940.09	3	3	1.00	nl	730	+						
477.4678	20937.97	14	14	1.00	nl b	1300	+						
477.4823	20937.33	41	41	1.00	nl b	1050	-						
477.6573	20929.66	44	36	1.22	nl	390	*	135	-0.05	33268.75	8.5	12339.04	7.5
477.6871	20928.36	8	7	1.14	nl	360	-						
477.9258	20917.90	6	5	1.20	nl	950	-						
478.0508	20912.43	6	6	1.00	nl	285	-						
478.1195	20909.43	143	160	0.89	nc b	800	+	602	-0.04	37619.29	9.5	16709.82	8.5
478.1378	20908.63	18	21	0.86	nl b	1100	-						
478.2916	20901.90	483	381	1.27		1010	+	935	-0.12	30049.10	7.5	9147.08	6.5
478.3881	20897.69	24	29	0.83	nl	125	*	75	-0.02	29324.82	6.5	8427.11	7.5
478.5138	20892.20	6	4	1.50	nl b	320	+	520	-0.09	33986.71	5.5	13094.42	4.5
478.5948	20888.66	5	5	1.00	nl	360	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
478.6263	20887.29	22	29	0.76	nc b	220 +	-102	0.15	37623.09	7.5	16735.95	6.5
478.6326	20887.01	34	43	0.79	nl b	1105 -	-1005	-0.07	42381.97	11.5	21494.89	10.5
478.7238	20883.04	8	6	1.33	nl	550 *						
478.8998	20875.36	16	17	0.94	nl b	790 -						
478.9138	20874.75	9	10	0.90	nl b	830 -						
478.9236	20874.32	5	4	1.25	nl b	500 -	-491	0.11	40151.13	7.5	19276.92	7.5
479.2161	20861.58	3	3	1.00	nl	610 *						
479.2758	20858.98	8	7	1.14	nl b	600 +						
479.5328	20847.80	6	7	0.86	nl	470 +						
479.6278	20843.68	9	10	0.90	nl	670 *						
479.7158	20839.85	8	7	1.14	nl	820 -						
479.7511	20838.32	20	17	1.18	nl b	380 *	137	-0.08	35919.52	7.5	15081.12	6.5
479.8548	20833.82	14	12	1.17	nl	370 -						
479.8895	20832.31	350	270	1.30		900 +	816	-0.12	29979.51	7.5	9147.08	6.5
480.0318	20826.13	21	19	1.11	nl	600 *						
480.2785	20815.44	7	8	0.88	nl	140 *						
480.2898	20814.95	7	6	1.17	nl	225 -						
480.3893	20810.64	22	20	1.10	nl	510 -						
480.5428	20803.99	27	26	1.04	nl	560 -						
480.8168	20792.13	5	5	1.00	nl	190 +						
480.8273	20791.68	4	3	1.33	nl	440 +						
480.8841	20789.22	9	6	1.50	nl	180 *	-98	0.01	35919.52	7.5	15130.31	8.5
480.9618	20785.86	23	25	0.92	nl	1270 -						
481.0193	20783.38	11	11	1.00	nl b	1900 +	1792	-0.12	37842.85	7.5	17059.35	6.5
481.1150	20779.25	5	5	1.00	nl	240 *						
481.1469	20777.87	24	22	1.09	nl b	600 +	-52	-0.02	43278.51	7.5	22500.62	7.5
481.1523	20777.63	22	22	1.00	nl b	530 +						
481.2632	20772.85	5	5	1.00	nl	190 -						
481.3693	20768.27	6	5	1.20	nl b	470 *						
481.3778	20767.90	6	6	1.00	nl b	970 -						
481.4978	20762.73	27	22	1.23	nl	320 -						
481.5978	20758.41	14	14	1.00	nl	625 -						
481.6218	20757.38	20	23	0.87	nl b	180 *						
481.6294	20757.05	18	23	0.78	nl b	1090 -	-976	-0.11	41255.89	9.5	20498.73	8.5
481.7251	20752.93	5	5	1.00	nl	520 *						
481.7608	20751.39	29	25	1.16	nl	910 -						
481.8678	20746.78	6	7	0.86	nl	380 +						
481.9555	20743.01	125	107	1.17	nl b	1000 +						
481.9680	20742.47	28	24	1.17	nl b	510 +	337	-0.03	37426.02	8.5	16683.52	9.5
482.4098	20723.47	11	12	0.92	nl	640 -						
482.5073	20719.29	30	27	1.11	nl	440 +						
482.5601	20717.02	6	6	1.00	nl b	470 +						
482.5792	20716.20	20	22	0.91	nl b	600 -	-343	0	37426.02	8.5	16709.82	8.5
482.5993	20715.34	4	4	1.00	nl b	930 +						
482.7747	20707.81	38	33	1.15		1010 -	-879	0.05	29086.67	7.5	8378.91	8.5
482.9003	20702.43	46	44	1.05	nl	160 *						
482.9269	20701.28	21	16	1.31	nl	260 +						
482.9393	20700.75	14	15	0.93	nl	190 +						
483.0708	20695.12	62	49	1.27	nl	560 +	392	-0.06	29842.26	6.5	9147.08	6.5
483.1958	20689.76	10	8	1.25	nl	1220 +						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
483.2561	20687.18	6	5	1.20	nl b	180 +	-69	-0.08	41255.89	9.5	20568.63	8.5
483.2634	20686.87	28	23	1.22	nl b	650 +	486	-0.1	29834.05	7.5	9147.08	6.5
483.2993	20685.33	8	8	1.00	nl	200 *						
483.3302	20684.01	314	269	1.17		590 +	491	-0.07	30425.58	9.5	9741.50	9.5
483.3768	20682.02	19	22	0.86	nl	570 +						
483.4383	20679.39	8	8	1.00	nl	480 -						
483.6902	20668.62	31	27	1.15	nl b	2090 +	1996	0.05	37550.85	6.5	16882.28	7.5
483.7689	20665.25	4	4	1.00	nl	660 +						
483.8727	20660.82	22	31	0.71	nl	460 -	-326	0.06	33005.31	7.5	12344.55	6.5
483.9013	20659.60	102	88	1.16	nl	940 -	-820	0.04	29086.67	7.5	8427.11	7.5
484.0326	20654.00	3	3	1.00	nl	440 +						
484.0491	20653.29	4	4	1.00	nl	430 *						
484.0864	20651.70	4	4	1.00	nl	260 +						
484.1018	20651.04	14	17	0.82	nl	750 +						
484.2683	20643.94	24	19	1.26	nl	890 +						
484.3277	20641.41	17	14	1.21	nl	680 +	571	-0.1	32331.28	9.5	11689.77	9.5
484.3468	20640.60	23	17	1.35	nl	250 -						
484.3668	20639.75	5	5	1.00	nl	420 *						
484.5698	20631.10	13	13	1.00	nl	180 *						
484.5808	20630.63	5	5	1.00	nl	410 +						
484.8738	20618.16	5	5	1.00	nl	420 +						
484.9968	20612.94	6	7	0.86	nl	120 +						
485.0748	20609.62	4	4	1.00	nl	1320 -						
485.2048	20604.10	8	8	1.00	nl	730 -						
485.2698	20601.34	9	8	1.13	nl	570 -						
485.4090	20595.43	3	3	1.00	nl	310 *						
485.6045	20587.14	4	3	1.33		200 *	-146	-0.03	39345.04	5.5	18757.87	4.5
485.6228	20586.36	29	25	1.16	nl b	760 -						
485.6318	20585.98	112	94	1.19	nl b	200 *						
485.9365	20573.07	13	12	1.08	nl	320 -	223	-0.05	28952.03	7.5	8378.91	8.5
486.0068	20570.10	6	5	1.20	nl	710 -						
486.0293	20569.15	8	8	1.00	nl	770 -						
486.0434	20568.55	2074	1626	1.28		250 *	154	-0.08	20568.63	8.5	0.00	7.5
486.1998	20561.93	10	11	0.91	nl	430 +	121	-0.06	35692.30	8.5	15130.31	8.5
486.2748	20558.76	4	3	1.33	nl	360 +						
486.3363	20556.16	9	9	1.00	nl	450 *	202	-0.08	35692.30	8.5	15136.06	7.5
486.3808	20554.28	7	7	1.00	nl	220 -						
486.4123	20552.95	5	4	1.25	nl b	410 +						
486.4218	20552.55	5	4	1.25	nl b	470 *						
486.5308	20547.94	17	18	0.94		120 +	8	-0.05	25967.69	7.5	5419.70	6.5
486.6347	20543.56	12	14	0.86	nl	1250 +	1164	-0.18	37426.02	8.5	16882.28	7.5
486.6608	20542.46	15	14	1.07	nl	260 -						
486.8298	20535.33	8	9	0.89	nl	530 -						
486.8554	20534.25	5	4	1.25	nl b	1320 -						
486.8564	20534.20	10	12	0.83	nl b	1240 -	-1122	-0.19	40701.57	8.5	20167.18	7.5
486.9432	20530.54	4	3	1.33	nl	140 -						
486.9548	20530.05	8	8	1.00	nl b	380 -						
487.0038	20527.99	13	16	0.81	nl	1030 -						
487.0374	20526.57	4	4	1.00	nl	440 *						
487.0931	20524.23	35	45	0.78	nl	870 -	-766	0.25	40648.25	8.5	20124.27	9.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
487.1753	20520.76	22	19	1.16	nl	1140	+						
487.3228	20514.55	11	12	0.92	nl	360	*						
487.3455	20513.60	3	3	1.00	nl	350	*						
487.3928	20511.61	7	6	1.17	nl	250	*						
487.4113	20510.83	140	122	1.15	nl b	120	+	-21	-0.07	41124.70	9.5	20613.80	8.5
487.4136	20510.73	256	189	1.35	b	250	*	110	-0.23	25930.66	6.5	5419.70	6.5
487.4338	20509.88	4	4	1.00	nl	740	+						
487.4969	20507.23	10	8	1.25	nl	490	+						
487.5808	20503.70	10	8	1.25	nl	700	+						
487.6408	20501.17	5	5	1.00	nl	490	*						
487.6742	20499.77	11	12	0.92	nl b	650	*						
487.6883	20499.18	22	20	1.10	nl b	1310	*						
487.7015	20498.62	22	20	1.10	b	1160	+	1068	-0.11	20498.73	8.5	0.00	7.5
487.7990	20494.52	76	57	1.33		680	-	-558	-0.09	25914.31	5.5	5419.70	6.5
487.8707	20491.51	38	30	1.27	b	300	*	8	-0.1	29096.77	5.5	8605.16	5.5
487.8830	20490.99	13	15	0.87	nl b	670	*						
487.9748	20487.14	54	34	1.59	nl	980	-	-854	-0.1	41704.35	10.5	21217.11	9.5
488.0571	20483.69	5	4	1.25	nl	1170	+						
488.0798	20482.73	130	134	0.97	b	500	*	-43	-0.05	33577.20	4.5	13094.42	4.5
488.0854	20482.50	33	29	1.14	b	830	-	-297	0	28861.41	8.5	8378.91	8.5
488.1938	20477.95	11	9	1.22	nl b	930	+						
488.1962	20477.85	11	9	1.22	nl b	680	*						
488.3057	20473.25	4	3	1.33	nl	370	+						
488.3377	20471.91	15	11	1.36	nl b	1630	-						
488.3677	20470.66	85	78	1.09	nl b	960	*						
488.4037	20469.15	5	5	1.00		420	+	167	-0.04	35599.50	8.5	15130.31	8.5
488.4397	20467.64	9	8	1.13	nl	800	+						
488.4917	20465.46	7	7	1.00	nl b	590	*						
488.5003	20465.10	21	15	1.40	b a	360	-	-105	0.48	29069.78	5.5	8605.16	5.5
488.5230	20464.15	14	15	0.93	nl b	1210	-	-1127	0.01	40674.64	9.5	20210.50	10.5
488.5419	20463.36	11	10	1.10	b	450	+	234	-0.08	35599.50	8.5	15136.06	7.5
488.7417	20454.99	19	23	0.83	nl	210	*						
488.7644	20454.04	16	18	0.89	nl	170	+	79	-0.02	31984.62	8.5	11530.56	8.5
488.8847	20449.01	4	3	1.33	nl	430	+						
489.0873	20440.54	22	21	1.05		180	-	-118	-0.06	33523.53	5.5	13082.93	5.5
489.1027	20439.89	8	9	0.89	nl	570	*						
489.2368	20434.29	352	310	1.14		380	+	-273	-0.01	28861.41	8.5	8427.11	7.5
489.2675	20433.01	8	8	1.00	nl b	880	*						
489.2692	20432.94	8	6	1.33	b	760	-	-526	-0.05	35514.11	5.5	15081.12	6.5
489.3517	20429.49	10	11	0.91	nl	370	-						
489.4985	20423.37	6	5	1.20	nl	430	-						
489.6325	20417.76	5	5	1.00	nl b	270	-						
489.7507	20412.85	6	5	1.20	nl	490	-						
489.8957	20406.81	4	4	1.00	nl b	310	+						
489.9642	20403.95	8	8	1.00	nl	220	-						
490.0145	20401.86	19	23	0.83	nl b	440	*						
490.0280	20401.30	27	20	1.35	nl b	1300	-	-1180	0	42381.97	11.5	21980.67	11.5
490.1617	20395.73	6	7	0.86	nl	760	*						
490.2089	20393.77	151	126	1.20		560	+	464	-0.04	30135.31	8.5	9741.50	9.5
490.2287	20392.95	6	5	1.20	nl	270	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanim	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
490.2507	20392.03	3	3	1.00	nl	480	*						
490.4409	20384.12	4	3	1.33	nl	570	*						
490.5821	20378.26	3	3	1.00	nl	260	*						
490.6237	20376.53	13	13	1.00	nl	1280	-						
490.8563	20366.87	9	10	0.90	nl b	540	*						
490.8637	20366.57	6	7	0.86	nl b	1150	-						
490.9107	20364.62	3	3	1.00	nl	300	+						
490.9957	20361.09	5	5	1.00	nl	300	-						
491.0892	20357.21	4	3	1.33	nl	470	*						
491.6708	20333.13	5	4	1.25	nl	270	+						
491.6878	20332.43	20	25	0.80	nl b	165	*	95	0.02	32671.45	7.5	12339.04	7.5
491.7177	20331.19	19	16	1.19	nl	170	*						
491.8222	20326.88	62	53	1.17		160	+	93	-0.02	32671.45	7.5	12344.55	6.5
492.0147	20318.92	33	28	1.18	nl	390	-						
492.0697	20316.65	6	5	1.20	nl	540	*						
492.0897	20315.82	8	8	1.00	nl b	840	+						
492.1017	20315.33	13	15	0.87	nl b	480	-						
492.1290	20314.20	15	12	1.25	nl	640	-						
492.2744	20308.20	506	419	1.21	b	460	-	-228	-0.01	30049.71	9.5	9741.50	9.5
492.3847	20303.65	16	19	0.84	nl b	390	-						
492.4287	20301.84	7	6	1.17	nl	570	-						
492.4897	20299.32	6	6	1.00	nl	650	*						
492.5457	20297.02	10	10	1.00	nl	1140	+						
492.5980	20294.86	58	50	1.16		110	*	-31	0.01	31984.62	8.5	11689.77	9.5
492.6324	20293.44	10	11	0.91	nl	770	-	-627	-0.08	41124.70	9.5	20831.18	9.5
492.7290	20289.47	8	7	1.14	nl	180	+	-55	-0.07	37226.97	5.5	16937.43	5.5
492.8167	20285.86	9	11	0.82	nl	390	+						
492.8877	20282.93	7	7	1.00	nl	970	+						
492.9867	20278.86	19	19	1.00	nl b	510	-						
493.0058	20278.07	10	15	0.67	nl b	1400	-	-1375	-0.1	40776.90	8.5	20498.73	8.5
493.0184	20277.56	12	16	0.75	nl b	610	-	-386	-0.01	39554.49	6.5	19276.92	7.5
493.2522	20267.94	8	6	1.33	nl	1600	+						
493.3447	20264.14	6	5	1.20	nl	500	-						
493.3677	20263.20	29	22	1.32	nl b	1160	-						
493.3857	20262.46	73	64	1.14	nl b	430	+	175	-0.04	31793.06	8.5	11530.56	8.5
493.4597	20259.42	9	9	1.00	nl	530	*						
493.4886	20258.24	998	820	1.22		920	+	823	-0.03	20258.27	6.5	0.00	7.5
493.8197	20244.65	13	10	1.30	nl	1470	+						
493.9012	20241.31	16794	3568	1.24		240	-	122	0	20241.31	6.5	0.00	7.5
493.9996	20237.28	6	7	0.86	nl	190	+						
494.2537	20226.88	41	41	1.00	nl	300	*						
494.3217	20224.09	5	6	0.83	nl b	220	*						
494.3981	20220.97	4	3	1.33	nl	300	*						
494.4897	20217.22	9	10	0.90	nl	440	-						
494.5627	20214.24	7	7	1.00	nl	370	*						
494.6147	20212.12	9	7	1.29		940	-	-775	-0.02	38703.35	5.5	18491.21	5.5
494.6818	20209.37	33	39	0.85	nc b	1080	-	-982	-0.09	41704.35	10.5	21494.89	10.5
494.8454	20202.69	30	37	0.81	nl b	1310	-	-1194	-0.15	40701.57	8.5	20498.73	8.5
494.9659	20197.77	15	14	1.07	nl	480	-	-316	0.01	32542.31	5.5	12344.55	6.5
495.0142	20195.80	85	85	1.00	nl	150	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanim	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
495.0431	20194.62	3	3	1.00	nl	410	+						
495.0774	20193.22	92	80	1.15	nl	1230	+	1128	-0.17	31515.70	10.5	11322.31	10.5
495.1222	20191.40	13	11	1.18	nl	200	+						
495.1637	20189.70	7	6	1.17	nl	320	+						
495.2116	20187.75	76	57	1.33		720	-	-584	-0.12	28793.03	5.5	8605.16	5.5
495.3432	20182.39	7	7	1.00	nl	390	-						
495.4067	20179.80	22	20	1.10	nl	190	+						
495.5627	20173.45	4	4	1.00	nl	370	*						
495.6017	20171.86	3	3	1.00	nl b	540	*						
495.6178	20171.21	8	7	1.14	nl b	1070	-	-987	0.07	28598.25	6.5	8427.11	7.5
495.6382	20170.38	5	5	1.00	nl	210	+						
495.6487	20169.95	9	9	1.00	nl	350	+						
495.7186	20167.10	7	9	0.78	nl b	1150	+	988	-0.08	20167.18	7.5	0.00	7.5
495.7992	20163.83	8	7	1.14	nl b	370	+						
495.8076	20163.48	4	4	1.00	nl	230	*						
495.8297	20162.59	6	6	1.00	nl	200	*						
495.8719	20160.87	4	4	1.00		330	-	-354	0.06	36016.09	6.5	15855.28	7.5
495.9067	20159.46	8	8	1.00	nl	390	-						
496.1058	20151.37	23	19	1.21		960	+	770	-0.08	25571.15	6.5	5419.70	6.5
496.1557	20149.34	6	6	1.00	nl	350	+						
496.2402	20145.91	4	5	0.80	nl	740	-	-617	0.15	40270.03	8.5	20124.27	9.5
496.4317	20138.14	25	21	1.19	nl	320	+						
496.5309	20134.11	110	97	1.13	nl	685	-	-585	0.04	28561.18	6.5	8427.11	7.5
496.5822	20132.03	7	8	0.88	nl	245	-						
496.6162	20130.65	48	57	0.84	nl b	450	*						
496.6302	20130.09	8	9	0.89	nl b	1200	*						
496.7552	20125.02	4	4	1.00	nl	150	*						
496.7815	20123.96	4	3	1.33	nl	380	-						
497.1872	20107.54	5	4	1.25	nl	310	+						
497.2587	20104.64	3	3	1.00	nl	110	*						
497.2925	20103.28	168	150	1.12	nl	170	-	86	-0.01	31793.06	8.5	11689.77	9.5
497.3965	20099.08	18	18	1.00	nl	990	-	-889	0.04	38966.58	7.5	18867.54	6.5
497.4647	20096.32	16	14	1.14	nl	190	*						
497.5230	20093.97	14	10	1.40		370	*	-227	-0.03	33188.42	3.5	13094.42	4.5
497.5597	20092.48	6	5	1.20	nl	710	-						
497.6267	20089.78	9	9	1.00	nl	800	-						
497.6727	20087.92	14	14	1.00	nl	440	-						
497.7790	20083.63	598	435	1.37		290	-	175	0	25503.33	5.5	5419.70	6.5
497.9832	20075.40	65	51	1.27	nl b	1100	+						
497.9959	20074.89	16180	2595	1.28	b	160	*	40	0	20074.89	7.5	0.00	7.5
498.1392	20069.10	9	9	1.00	nl b	600	-						
498.1457	20068.85	19	18	1.06	nl b	380	-						
498.1664	20068.01	13	14	0.93	nl b	1700	-	-1618	-0.05	38405.86	8.5	18337.80	8.5
498.1924	20066.97	23	27	0.85	nl b	1150	-	-1350	-0.09	40234.24	7.5	20167.18	7.5
498.2171	20065.97	18	19	0.95	nl	180	*						
498.3662	20059.97	12	10	1.20	nl	820	-	-692	0.05	29207.00	5.5	9147.08	6.5
498.4396	20057.01	3	3	1.00	nl	1500	*						
498.4807	20055.36	7	6	1.17	nl	940	+						
498.5422	20052.89	6	6	1.00	nl	1060	-						
498.6325	20049.25	4	3	1.33	nl b	1230	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
498.7552	20044.32	13	10	1.30	nl b	680	*						
498.7612	20044.08	13	10	1.30	nl b	690	-						
498.8952	20038.70	42	53	0.79	nc b	1030	-	-921	-0.08	41255.89	9.5	21217.11	9.5
498.9147	20037.91	7	6	1.17	nl b	750	+						
498.9420	20036.82	6	5	1.20	nl	420	-	-338	-0.03	38601.75	7.5	18564.90	6.5
498.9777	20035.38	4	4	1.00		910	*						
499.0027	20034.38	17	19	0.89	nl	350	+						
499.0148	20033.89	8	9	0.89	nl	240	*						
499.0717	20031.61	23	27	0.85	nl	260	*						
499.1597	20028.08	5	4	1.25	nl	260	+						
499.1827	20027.16	14	12	1.17	nl	390	+						
499.2187	20025.71	17	17	1.00	nl	820	-						
499.4417	20016.77	7	6	1.17	nl b	740	+						
499.4427	20016.73	7	6	1.17	nl b	730	+						
499.4710	20015.60	9	9	1.00	nl	280	*						
499.5048	20014.24	864	723	1.20		590	+	398	-0.09	28393.24	9.5	8378.91	8.5
499.6197	20009.64	34	28	1.21	nl	180	-	-102	0.01	31540.19	7.5	11530.56	8.5
499.6502	20008.42	10	10	1.00	nl b	1250	*						
499.6580	20008.11	13	12	1.08	nl b	1420	-	-1348	0.11	38345.80	7.5	18337.80	8.5
499.7177	20005.72	11	13	0.85	nl	280	-						
499.7402	20004.81	3	3	1.00	nl	110	*						
499.7487	20004.47	3	3	1.00	nl	400	*						
499.7967	20002.55	5	5	1.00	nl b	290	-						
499.8029	20002.31	7	7	1.00	nl b	500	-						
499.9021	19998.34	27	26	1.04	nl b	140	*						
499.9546	19996.24	50	56	0.89	nl b	1030	-	-923	0.1	39273.06	8.5	19276.92	7.5
499.9831	19995.10	34	42	0.81	nl b	1220	-						
500.0632	19991.89	4	4	1.00	nl b	1490	-						
500.0802	19991.21	4	4	1.00	nl b	240	-						
500.1062	19990.17	13	14	0.93	nl b	830	+						
500.1127	19989.91	40	37	1.08	nl b	390	*						
500.3057	19982.20	4	4	1.00	nl	420	*						
500.4870	19974.96	5	6	0.83	nl	360	+						
500.6145	19969.88	6	5	1.20	nl	290	*						
500.6354	19969.04	6	6	1.00	nl	870	-	-779	0.02	29116.10	5.5	9147.08	6.5
500.6636	19967.92	16	17	0.94	nl	610	*	212	-0.07	36677.81	9.5	16709.82	8.5
500.8225	19961.58	10	12	0.83	nl b	560	-						
500.8366	19961.02	4	3	1.33	nl b	730	*						
500.8948	19958.70	6	6	1.00	nl	170	-						
500.9390	19956.94	4	4	1.00	nl	460	*						
500.9599	19956.11	18	18	1.00	nl	620	-						
501.0100	19954.11	9	9	1.00	nl b	450	*	242	-0.03	40270.03	8.5	20315.89	8.5
501.0197	19953.73	9	7	1.29	nl b	380	+						
501.0427	19952.81	5	5	1.00	nl	680	+						
501.0839	19951.17	150	125	1.20		610	-	-494	0	29692.67	9.5	9741.50	9.5
501.1154	19949.92	3	3	1.00	nl	750	*						
501.1287	19949.39	11	11	1.00	nl	160	*						
501.1817	19947.28	6	6	1.00	nl	440	-						
501.2497	19944.57	48	48	1.00		1250	-						
501.3748	19939.60	17	15	1.13	nl b	840	-	-729	0.01	29086.67	7.5	9147.08	6.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
501.4433	19936.87	67	55	1.22		110 *	-5	-0.01	28315.79	7.5	8378.91	8.5
501.5007	19934.59	4	4	1.00	nl	620 *						
501.6829	19927.35	6	5	1.20	nl	100 *						
501.7477	19924.78	10	9	1.11	nl	600 -						
501.8837	19919.38	93	104	0.89	nl	2150 -						
501.9667	19916.08	28	24	1.17	nl	1120 +						
502.0529	19912.66	4	3	1.33	nl	350 *						
502.0699	19911.99	5	4	1.25	nl	200 -						
502.1107	19910.37	6	5	1.20	nl	150 -						
502.1336	19909.46	3	3	1.00	nl	350 +						
502.2057	19906.61	32	29	1.10	nl b	790 +						
502.2085	19906.49	8	7	1.14	nl b	840 -						
502.3227	19901.97	44	49	0.90	nl	1330 -	-1236	-0.07	40069.22	6.5	20167.18	7.5
502.4941	18895.18	4	3	1.33	nl b	970 -	-891	0.17	39171.93	6.5	19276.92	7.5
502.4946	18895.16	4	3	1.33	nl b	970 -	-900	0.15	39171.93	7.5	19276.92	7.5
502.5697	18892.19	23	26	0.88	nl	1920 -						
502.6494	18889.04	538	495	1.09	nc b	120 -	-8	-0.01	37772.62	9.5	17883.57	9.5
502.6589	18888.66	922	770	1.20	b	140 +	52	-0.02	28315.79	7.5	8427.11	7.5
502.8067	18882.81	7	8	0.88		880 +						
502.8254	18882.07	220	220	1.00		160 *	29	-0.03	38703.35	5.5	18821.25	5.5
502.9092	18878.76	8	8	1.00	nl	180 -	-131	0.07	37762.26	8.5	17883.57	9.5
502.9847	18875.78	15	15	1.00	nl	130 -						
503.0603	18872.79	5	5	1.00	nl	170 *						
503.1786	18868.12	4	3	1.33	nl	260 +						
503.2257	18866.26	26	22	1.18	nl	610 -						
503.2480	18865.38	221	187	1.18	b	480 -	-244	0.00	28244.29	8.5	8378.91	8.5
503.4477	18857.50	62	62	1.00	nl	1310 -						
503.5272	18854.36	8	8	1.00	nl	580 -						
503.5604	18853.05	18	11	1.64		600 -	-495	0.12	25272.63	7.5	5419.70	6.5
503.7508	18845.55	21	21	1.00	b	510 -	-373	0.02	38601.75	7.5	18756.22	7.5
503.8050	18843.42	31	42	0.74	nl b	860 -	-749	-0.04	40674.64	9.5	20831.18	9.5
503.8441	18841.88	422	333	1.27		180 -	-108	0.03	25261.55	5.5	5419.70	6.5
503.9660	18837.08	15	9	1.67	nl	370 *	-166	-0.01	32931.51	3.5	13094.42	4.5
504.0124	18835.25	7	7	1.00	nl	720 +	650	0.01	40151.13	7.5	20315.89	8.5
504.0747	18832.80	36	39	0.92	nl b	390 -						
504.0822	18832.50	12	10	1.20	nl b	840 +						
504.2031	18827.75	5	4	1.25	nl	510 -						
504.2402	18826.29	934	998	0.94		220 +	151	-0.13	37709.99	10.5	17883.57	9.5
504.2747	18824.93	6	6	1.00	nl	720 -						
504.2901	18824.33	5	4	1.25	nl	280 -						
504.3487	18822.02	4	4	1.00	nl	1000 -						
504.4667	18817.39	7	6	1.17	nl b	770 *						
504.4724	18817.16	493	420	1.17	b	280 +	-185	-0.02	28244.29	8.5	8427.11	7.5
504.4911	18816.43	46	42	1.10	nl b	860 +	772	-0.14	29558.07	10.5	9741.50	9.5
504.6335	18810.84	23	23	1.00	nl b	1190 -	-1072	-0.11	40069.22	6.5	20258.27	6.5
504.6557	18809.96	5	6	0.83	nl b	930 +						
504.7027	18808.12	3	3	1.00	nl	960 *						
504.7255	18807.22	14	9	1.56		500 -	-425	-0.12	34888.46	7.5	15081.12	6.5
504.7855	18804.87	5	4	1.25	nl	470 +	394	-0.08	28952.03	7.5	9147.08	6.5
504.8997	18800.39	5	4	1.25	nl	580 +						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanim	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
504.9627	19797.92	3	3	1.00	nl	660	*						
504.9749	19797.44	4	3	1.33	nl	130	+						
505.0227	19795.57	46	44	1.05	nl b	490	-						
505.0372	19795.00	22	22	1.00	nl b	580	*						
505.0449	19794.70	22	24	0.92	nl b	1090	-	-941	-0.03	39071.65	8.5	19276.92	7.5
505.0631	19793.99	24	20	1.20	nl b	760	+	658	0.06	38445.46	6.5	18651.53	7.5
505.1387	19791.02	13	15	0.87	nl b	290	+						
505.1442	19790.81	4	4	1.00	b	160	*						
505.1722	19789.71	23	19	1.21	nl	920	+						
505.2848	19785.30	7	7	1.00	nl b	600	+	538	-0.03	40101.22	7.5	20315.89	8.5
505.2942	19784.93	5	6	0.83	nl b	350	+						
505.3327	19783.43	5	6	0.83	nl	1550	-						
505.4565	19778.58	3	3	1.00	nl	560	+						
505.6112	19772.53	4	4	1.00	nl	630	*						
505.6677	19770.32	5	4	1.25	nl b	530	+						
505.7091	19768.70	4	6	0.67	b	890	-	-816	0.04	37652.23	8.5	17883.57	9.5
505.7507	19767.07	17	20	0.85	nl	380	-						
505.9079	19760.93	10	12	0.83	nl	1180	-	-1038	-0.07	41255.89	9.5	21494.89	10.5
505.9550	19759.09	3	3	1.00	nl	360	*						
505.9801	19758.11	7	5	1.40	b	740	-	-653	-0.04	34888.46	7.5	15130.31	8.5
506.0799	19754.22	55	58	0.95		1020	-	-926	-0.11	38405.86	8.5	18651.53	7.5
506.1282	19752.33	8	5	1.60	b	640	-	-552	-0.07	34888.46	7.5	15136.06	7.5
506.1877	19750.01	10	10	1.00	nl	530	-						
506.2332	19748.23	4	4	1.00	nl	430	*						
506.2448	19747.78	3	3	1.00	nl	240	+						
506.2884	19746.08	29	39	0.74	nl	130	*	-41	-0.08	41124.70	9.5	21378.54	8.5
506.3543	19743.51	5	5	1.00		370	-	303	-0.05	38601.75	7.5	18858.19	6.5
506.4297	19740.57	16	14	1.14	nl b	680	+						
506.4984	19737.90	108	81	1.33	nl	880	-	-791	-0.05	34868.26	8.5	15130.31	8.5
506.5539	19735.73	97	110	0.88	b	240	+	163	0.01	37619.29	9.5	17883.57	9.5
506.5609	19735.46	18	20	0.90	nl b	1140	-	-1040	-0.05	40234.24	7.5	20498.73	8.5
506.6467	19732.12	12	9	1.33	nl	800	-	-723	-0.08	34868.26	8.5	15136.06	7.5
506.7972	19726.26	3	3	1.00	nl	700	*						
506.8175	19725.47	3	3	1.00	nl	660	*						
506.8567	19723.94	12	13	0.92	nl b	400	*						
506.8640	19723.66	5	5	1.00	nl b	1300	-	-1175	-0.02	41704.35	10.5	21980.67	11.5
506.9397	19720.71	14	17	0.82	nl	880	-						
507.0301	19717.20	5	5	1.00	b	500	-	-420	0	34853.26	7.5	15136.06	7.5
507.1027	19714.37	130	117	1.11	nl	200	+						
507.2457	19708.82	27	33	0.82	nl b	260	+						
507.2557	19708.43	4	4	1.00	nl b	1010	*						
507.3517	19704.70	18	18	1.00	nl	500	*						
507.4009	19702.79	18	22	0.82	nl	280	+						
507.4336	19701.52	330	290	1.14		580	+	499	-0.07	29443.09	8.5	9741.50	9.5
507.5696	19696.24	31	28	1.11	nl	535	+	448	-0.08	31018.63	9.5	11322.31	10.5
507.6213	19694.24	17	17	1.00	nl b	820	-	-639	-0.03	38345.80	7.5	18651.53	7.5
507.6277	19693.98	17	17	1.00	nl b	500	*						
507.7237	19690.26	21	23	0.91	nl b	310	-						
507.7370	19689.75	31	29	1.07	nl b	1020	-	-919	0.09	38966.58	7.5	19276.92	7.5
507.7917	19687.62	8	7	1.14	nl	250	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanim	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
507.8467	19685.49	4	4	1.00	nl	670	+						
508.1717	19672.90	15	11	1.36	nl	1230	-						
508.2177	19671.12	12	10	1.20	nl b	750	*						
508.2212	19670.99	12	13	0.92	nl b	510	*						
508.3563	19665.76	44	47	0.94	b	330	-	-236	-0.09	38317.38	8.5	18651.53	7.5
508.3642	19665.45	6	6	1.00	nl b	610	+						
508.4039	19663.92	90	69	1.30		340	-	-209	-0.03	32758.37	3.5	13094.42	4.5
508.4377	19662.61	7	8	0.88	nl	730	-						
508.4767	19661.10	18	18	1.00	nl	800	+						
508.5747	19657.31	6	5	1.20	nl	390	+						
508.6028	19656.23	31	36	0.86	nl	180	*	-109	0	40270.03	8.5	20613.80	8.5
508.7187	19651.75	11	10	1.10	nl	610	*						
508.7447	19650.75	87	90	0.97	nl	450	-						
508.7799	19649.39	5	5	1.00	nl	400	*						
508.8791	19645.56	6	4	1.50		430	+	187	-0.02	31984.62	8.5	12339.04	7.5
508.9593	19642.46	38	30	1.27		280	+	36	-0.04	35434.63	6.5	15792.13	5.5
508.9777	19641.75	13	11	1.18	nl	670	+						
509.0277	19639.82	13	13	1.00	nl	200	-						
509.1587	19634.77	4	3	1.33	nl	580	*						
509.1886	19633.62	72	80	0.90		530	-	180	0.19	37971.23	8.5	18337.80	8.5
509.3887	19625.90	6	5	1.20	nl	650	*						
509.4027	19625.36	4	3	1.33	nl	250	-						
509.4327	19624.21	40	38	1.05	nl	485	-						
509.8307	19608.89	8	9	0.89	nl b	580	-						
509.8352	19608.71	3	3	1.00	nl b	960	*						
509.8877	19606.70	7	6	1.17		740	*	523	-0.1	34737.11	9.5	15130.31	8.5
509.9562	19604.06	5	5	1.00	nl	640	-						
510.0617	19600.01	5	5	1.00	nl	720	-						
510.2927	19591.13	6	5	1.20	nl	140	-						
510.3186	19590.14	23	25	0.92	nl	750	-	-621	0	38241.67	6.5	18651.53	7.5
510.3947	19587.22	36	32	1.13	nl b	550	+						
510.3987	19587.07	36	32	1.13	nl b	780	*						
510.4377	19585.57	4	3	1.33		1570	-						
510.5917	19579.66	4	3	1.33	nl b	570	-						
510.6063	19579.10	7	8	0.88	nl b	650	+						
510.6837	19576.13	26	20	1.30	nl b	1030	*						
510.6868	19576.02	26	20	1.30	nl b	160	*						
510.7130	19575.01	4	3	1.33	nl	1100	+						
510.7763	19572.59	14	10	1.40	b	170	*	-107	-0.09	41124.70	9.5	21552.02	8.5
510.8567	19569.51	19	23	0.83	nl	130	*						
510.8817	19568.55	8	9	0.89	nl	210	+						
510.9957	19564.18	40	34	1.18	nl	540	-						
511.0927	19560.47	10	10	1.00	nl b	750	-						
511.1119	19559.74	10	10	1.00	nl b	1100	+	1029	-0.05	40776.90	8.5	21217.11	9.5
511.2497	19554.46	11	10	1.10	nl	330	-						
511.3327	19551.29	4	6	0.67	nl	970	-	-918	0.05	38828.16	6.5	19276.92	7.5
511.4855	19545.45	5	5	1.00	nl	1070	+						
511.5152	19544.31	5	5	1.00		650	*						
511.5617	19542.54	7	6	1.17	nl	620	+						
511.6157	19540.47	18	17	1.06	nl	290	+						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
511.6465	19539.30	138	131	1.05		120 -	-49	-0.03	32633.75	3.5	13094.42	4.5
511.8736	19530.63	6	7	0.86	nl	130 -						
511.8812	19530.34	9	8	1.13	nl	200 *						
511.8937	19529.86	16	16	1.00	nl b	995 -	-905	0.06	38806.72	7.5	19276.92	7.5
511.8973	19529.72	15	15	1.00	nl b	1080 -						
511.9237	19528.72	4	4	1.00	nl	560 -						
511.9610	19527.29	20	21	0.95	nl b	220 +						
511.9648	19527.15	28	29	0.97	nl b	220 -	-160	0	37864.95	8.5	18337.80	8.5
511.9737	19526.81	8	7	1.14	nl	120 *						
512.0577	19523.61	4	4	1.00	nl	400 -						
512.0901	19522.37	3	3	1.00	nl	360 *						
512.1107	19521.59	4	4	1.00	nl	120 *						
512.1372	19520.58	6	5	1.20	nl	330 -						
512.1595	19519.73	20	17	1.18	b	820 #	-346	-0.04	36229.59	9.5	16709.82	8.5
512.1857	19518.73	16	15	1.07	nl	330 *						
512.2217	19517.36	12	11	1.09	nl	460 +						
512.3647	19511.91	143	132	1.08	nl	430 -	-246	0.03	31042.44	7.5	11530.56	8.5
512.4513	19508.61	4	3	1.33	nl	590 -						
512.5187	19506.05	4	3	1.33	nl	1090 -						
512.5439	19505.09	4	4	1.00	nl b	470 -	364	0.04	37842.85	7.5	18337.80	8.5
512.5563	19504.62	6	5	1.20	nl b	1180 -						
512.5918	19503.26	38	29	1.31		570 +	478	-0.05	34584.43	6.5	15081.12	6.5
512.7067	19498.89	4	3	1.33	nl	630 -						
512.7839	19495.96	1380	1114	1.24	b	940 +	841	-0.11	27923.18	8.5	8427.11	7.5
512.7929	19495.62	176	160	1.10	nc b	1200 -	-976	-0.09	28642.79	5.5	9147.08	6.5
512.8377	19493.91	11	8	1.38	nl	580 -						
512.9444	19489.86	13	16	0.81	nl b	840 -						
513.0043	19487.58	41	30	1.37	nl b	290 -	147	0.16	40101.22	7.5	20613.80	8.5
513.0049	19487.56	41	30	1.37	nl b	350 *	177	-0.05	38345.80	7.5	18858.19	6.5
513.0337	19486.47	14	13	1.08	nl	390 +						
513.0897	19484.34	10	11	0.91	nl b	1280 -	-1144	-0.12	40701.57	8.5	21217.11	9.5
513.1646	19481.50	6	6	1.00		250 -	-117	-0.01	35919.52	7.5	16438.01	8.5
513.2378	19478.72	9	7	1.29		350 -	-277	-0.03	35270.88	6.5	15792.13	5.5
513.5297	19467.64	5	5	1.00	nl	620 *						
513.6739	19462.18	4	3	1.33	nl	680 *						
513.7307	19460.03	12	13	0.92	nl	630 +						
513.7737	19458.40	6	6	1.00	nl	960 +						
513.8317	19456.20	11	10	1.10	nl	720 -						
513.9083	19453.30	9	7	1.29		380 -	-142	-0.11	34534.53	6.5	15081.12	6.5
513.9638	19451.20	6	4	1.50		960 -	-896	0.03	28598.25	6.5	9147.08	6.5
514.0007	19449.81	11	10	1.10	nl	440 -						
514.0247	19448.90	4	3	1.33	nl	370 -						
514.0838	19446.66	4	3	1.33		480 +	434	-0.05	36328.99	6.5	16882.28	7.5
514.4002	19434.70	139	128	1.09	nl	620 +	523	-0.12	37772.62	9.5	18337.80	8.5
514.5501	19429.04	6	4	1.50	nl	600 +	558	-0.03	38250.32	5.5	18821.25	5.5
514.6377	19425.73	14	15	0.93	nl	770 +						
514.6572	19425.00	3	3	1.00	nl	450 *						
514.9458	19414.11	190	170	1.12	nl	650 -	-489	0.01	28561.18	6.5	9147.08	6.5
515.0350	19410.75	11	9	1.22	b	480 -	-331	0.02	24830.43	5.5	5419.70	6.5
515.1194	19407.57	5	4	1.25		400 +	175	-0.04	34537.92	8.5	15130.31	8.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
515.2727	19401.79	11	9	1.22		460 +	233	-0.07	34537.92	8.5	15136.06	7.5
515.3237	19399.87	31	31	1.00	nl	300 -						
515.3609	19398.47	5	5	1.00		380 -	-296	0	34534.53	6.5	15136.06	7.5
515.3907	19397.35	4	3	1.33	nl	660 *						
515.5296	19392.13	62	62	1.00	nl	250 -	135	0	38250.32	5.5	18858.19	6.5
515.6257	19388.51	14	14	1.00	nl b	1070 -						
515.6807	19386.44	13	14	0.93	nl	880 +						
515.7351	19384.40	19	19	1.00	nl	680 +	588	0.01	39700.28	9.5	20315.89	8.5
515.7607	19383.44	4	4	1.00	nl	410 +						
515.8584	19379.76	4	3	1.33	nl	120 *						
516.0010	19374.41	112	138	0.81	nl	800 -						
516.0987	19370.74	5	5	1.00	nl	1580 +						
516.1437	19369.05	6	5	1.20	nl	560 -						
516.3081	19362.89	68	58	1.17		370 -	-225	0.04	31707.40	5.5	12344.55	6.5
516.4787	19356.49	3	3	1.00	nl	300 *						
516.4935	19355.93	5	5	1.00	nl	750 *						
516.7107	19347.80	5	5	1.00	nl	1000 +						
516.7877	19344.92	237	190	1.25		1150 -						
516.8657	19342.00	8	6	1.33	nl	770 +						
516.9074	19340.44	6	4	1.50		725 -	-519	0.01	24760.13	6.5	5419.70	6.5
517.2191	19328.78	62	56	1.11	nl	670 +	506	-0.08	31018.63	9.5	11689.77	9.5
517.2769	19326.62	5	5	1.00	nl	170 +						
517.4062	19321.79	6	5	1.20	nl b	770 +						
517.4299	19320.91	63	46	1.37		550 -	-371	0.09	24740.52	6.5	5419.70	6.5
517.4587	19319.83	8	8	1.00	nl b	990 +						
517.6054	19314.36	11	14	0.79		510 -	-280	-0.07	37652.23	8.5	18337.80	8.5
517.7965	19307.23	4	4	1.00	nl	180 +						
517.8737	19304.35	5	5	1.00	nl	520 -						
518.0643	19297.25	1946	1626	1.20		130 -	-45	0	27724.36	6.5	8427.11	7.5
518.0963	19296.06	52	64	0.81	nl	280 +	-180	-0.04	40674.64	9.5	21378.54	8.5
518.2075	19291.92	1395	1215	1.15		880 +	781	-0.15	27670.98	9.5	8378.91	8.5
518.2967	19288.59	7	7	1.00	nl	1100 +						
518.4901	19281.40	16	16	1.00	nl	770 +	680	-0.09	37619.29	9.5	18337.80	8.5
518.5169	19280.40	39	31	1.26		440 -	-212	-0.02	35434.63	6.5	16154.21	7.5
518.5999	19277.32	6	5	1.20	nl	730 +						
518.6307	19276.17	13	12	1.08	nl	510 -						
518.6536	19275.32	105	97	1.08		110 *	-2	-0.02	30805.90	8.5	11530.56	8.5
518.7813	19270.58	1125	998	1.13		300 -	213	-0.02	27649.51	7.5	8378.91	8.5
518.8122	19269.43	4	4	1.00	nl b	1200 -						
519.0377	19261.06	6	5	1.20	nl	140 *						
519.0952	19258.92	11	8	1.38	nl	320 +						
519.1479	19256.97	4	4	1.00	nl	740 *						
519.2641	19252.66	4	4	1.00	nl b	720 *						
519.5237	19243.04	1000	920	1.09		130 -	-53	0.01	30773.59	7.5	11530.56	8.5
519.5778	19241.04	14	10	1.40		330 +	173	-0.06	24660.80	7.5	5419.70	6.5
519.5927	19240.48	6	6	1.00	nl	580 +						
519.8727	19230.12	11	9	1.22	nl b	520 -						
519.8837	19229.71	9	8	1.13	nl b	960 -						
519.9284	19228.06	5	4	1.25	nl	260 *						
519.9542	19227.11	5	4	1.25	nl b	990 *						
520.0825	19222.37	80	70	1.14		520 +	282	-0.03	27649.51	7.5	8427.11	7.5
520.2513	19216.13	10	8	1.25		550 -	-386	-0.02	34346.46	7.5	15130.31	8.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanim	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
520.3247	19213.42	8	7	1.14	nl	1025	+						
520.3677	19211.83	4	3	1.33	nl	420	-						
520.4076	19210.36	16	14	1.14	nl	550	-	-305	-0.04	34346.46	7.5	15136.06	7.5
520.6547	19201.24	8	8	1.00	nl	320	*						
520.6857	19200.10	5	5	1.00	nl	500	+						
520.7607	19197.33	17	16	1.06	nl	760	-						
520.7958	19196.04	7	7	1.00	nl	550	*	465	0.01	40265.25	7.5	21069.22	7.5
520.8070	19195.63	13	9	1.44	nl	170	+	33	-0.01	31540.19	7.5	12344.55	6.5
520.8732	19193.18	8	7	1.14	nl	890	+						
520.9249	19191.28	24	26	0.92	nl	1180	+	1088	-0.04	37842.85	7.5	18651.53	7.5
520.9587	19190.03	8	8	1.00	nl	250	-						
521.1597	19182.63	5	5	1.00	nl	480	-						
521.2417	19179.62	7	7	1.00	nl	640	+						
521.3173	19176.83	5	5	1.00	nl	190	+						
521.3777	19174.61	7	6	1.17	nl	880	-						
521.4127	19173.33	9	10	0.90	nl b	610	+						
521.4199	19173.06	73	59	1.24	b	215	-	105	-0.03	34309.15	6.5	15136.06	7.5
521.5380	19168.72	122	102	1.20	b	200	+	143	0.01	28315.79	7.5	9147.08	6.5
521.5384	19168.70	122	102	1.20	b	200	+						
521.5817	19167.11	5	5	1.00	nl	560	-						
521.6927	19163.04	16	14	1.14	nl	690	-						
521.7149	19162.22	102	89	1.15		820	+	682	-0.15	30484.68	10.5	11322.31	10.5
521.7369	19161.41	5	6	0.83		410	+	136	-0.08	35599.50	8.5	16438.01	8.5
521.8367	19157.75	20	17	1.18		520	+	299	-0.1	34293.91	8.5	15136.06	7.5
521.8862	19155.93	5	4	1.25	nl	230	*						
521.9177	19154.77	10	10	1.00	nl b	490	-						
521.9337	19154.19	5	5	1.00	nl b	630	*						
522.0797	19148.83	9	9	1.00	nl	200	+						
522.1172	19147.46	51	38	1.34		1040	+	923	-0.14	34277.91	9.5	15130.31	8.5
522.1522	19146.17	845	717	1.18		810	+	712	-0.11	28887.78	10.5	9741.50	9.5
522.2217	19143.62	21	18	1.17	nl	530	-						
522.3247	19139.85	26	25	1.04	nl	210	-						
522.3452	19139.10	11	11	1.00	nl	1080	+						
522.6947	19126.30	7	8	0.88	nl	960	*						
522.7969	19122.56	46	58	0.79	nl	340	+	-246	-0.06	40674.64	9.5	21552.02	8.5
522.8684	19119.95	166	144	1.15		570	-	-392	0.04	28861.41	8.5	9741.50	9.5
522.9582	19116.67	18	15	1.20	b	700	-	-530	0	35270.88	6.5	16154.21	7.5
522.9725	19116.14	243	224	1.08	b	175	-	-97	0.01	30805.90	8.5	11689.77	9.5
523.1235	19110.63	23	27	0.85	nl b	1190	+	1108	-0.1	37762.26	8.5	18651.53	7.5
523.1297	19110.40	26	31	0.84	nl b	750	*						
523.1757	19108.72	6	6	1.00	nl	1120	+						
523.3265	19103.21	62	52	1.19		540	+	446	-0.06	30425.58	9.5	11322.31	10.5
523.4145	19100.00	7	7	1.00	nl	540	-						
523.4961	19097.02	6	7	0.86	nl	240	-						
523.5149	19096.34	8	8	1.00	nl	450	-	-372	0.11	40648.25	8.5	21552.02	8.5
523.5446	19095.25	5	4	1.25	nl b	350	*						
523.6548	19091.23	288	255	1.13	nl	1060	+	982	-0.13	27470.27	9.5	8378.91	8.5
523.7390	19088.17	60	60	1.00	nl	480	-	-271	-0.05	37426.02	8.5	18337.80	8.5
523.8597	19083.77	16	15	1.07	nl	590	-						
523.9118	19081.87	11	12	0.92	nl b	1250	+	1151	-0.04	40151.13	7.5	21069.22	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanim	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
523.9242	19081.42	9	7	1.29	nl b	400	*						
523.9420	19080.77	4	3	1.33	nl	500	-						
524.0857	19075.54	15	15	1.00	nl	920	+						
524.1177	19074.37	40	40	1.00	nl	150	*						
524.2317	19070.22	20	20	1.00	nl	520	+						
524.7445	19051.59	11	9	1.22	nl	360	-	-134	0	30582.15	8.5	11530.56	8.5
524.7607	19051.00	14	12	1.17	nl b	540	*						
524.7607	19051.00	14	12	1.17	nl b	810	+						
524.7963	19049.71	14	11	1.27	nl b	450	*						
524.8016	19049.52	14	12	1.17	nl b	530	-	-357	0.05	31394.02	5.5	12344.55	6.5
524.9367	19044.61	5	6	0.83	nl	570	+						
525.0027	19042.22	17	16	1.06	nl	210	-						
525.0346	19041.06	138	123	1.12		420	-	-311	0.06	31380.04	6.5	12339.04	7.5
525.1874	19035.52	28	24	1.17	nc b	760	-	-278	0.03	31380.04	6.5	12344.55	6.5
525.1994	19035.09	7	6	1.17	b	950	+	656	0.04	27640.21	5.5	8605.16	5.5
525.2257	19034.13	17	16	1.06	nl	130	*						
525.2728	19032.43	58	58	1.00	nl b	640	-	-527	0.1	39156.60	9.5	20124.27	9.5
525.2865	19031.93	14	13	1.08	nl b	980	+	1011	-0.07	40101.22	7.5	21069.22	7.5
525.4046	19027.65	4	3	1.33	nl	330	-						
525.4457	19026.17	8	7	1.14	nl	440	+						
525.7497	19015.17	4	5	0.80	nl b	510	-	-443	-0.09	42381.97	11.5	23366.71	10.5
525.7867	19013.83	7	7	1.00	nl	290	-						
525.8602	19011.17	4	4	1.00	nl b	780	*						
525.8777	19010.54	4	4	1.00	nl b	980	*						
525.9387	19008.33	4	4	1.00	nl	500	*						
526.0028	19006.01	11	11	1.00	nl	640	*						
526.1570	19000.45	14	12	1.17		490	-	-325	0.03	31339.46	7.5	12339.04	7.5
526.2618	18996.66	32	27	1.19	nl	250	-	121	-0.02	27423.79	6.5	8427.11	7.5
526.3063	18995.05	8	7	1.14	nl b	120	*						
526.3102	18994.92	8	7	1.14	nl b	400	+	-298	0.01	31339.46	7.5	12344.55	6.5
526.3817	18992.33	3	3	1.00	nl	460	+						
526.5970	18984.57	6	6	1.00	nl b	1980	+	1932	-0.09	37842.85	7.5	18858.19	6.5
526.6062	18984.24	6	6	1.00	nl b	1710	+						
526.6619	18982.23	4	4	1.00	nl b	380	*						
526.9474	18971.94	4	3	1.33	nl b	870	+						
526.9532	18971.74	9	9	1.00	nl b	260	-	-281	0.18	37623.09	7.5	18651.53	7.5
527.0497	18968.26	7	6	1.17	nl	330	*						
527.0591	18967.92	4	3	1.33		290	+						
527.1857	18963.37	5	5	1.00	nl	750	+						
527.2490	18961.09	10	8	1.25	nl	140	*	66	0.08	37717.23	7.5	18756.22	7.5
527.2877	18959.70	4	3	1.33	nl	680	+						
527.3269	18958.29	10	10	1.00	nl b	370	*						
527.3277	18958.26	14	12	1.17	nl b	890	+						
527.4662	18953.28	5	5	1.00	nl b	770	+						
527.5094	18951.73	22	24	0.92	b	100	-	-160	-0.01	27556.90	4.5	8605.16	5.5
527.5167	18951.47	22	24	0.92	nl b	490	*						
527.6262	18947.54	5	4	1.25	nl b	470	*						
527.6362	18947.18	4	4	1.00	nl b	520	+						
527.6477	18946.77	16	15	1.07	nl	115	*						
527.6677	18946.05	14	15	0.93	nl b	760	*						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
527.6677	18946.05	10	12	0.83	nl b	930	-						
527.7637	18942.60	29	23	1.26		650	-	-506	-0.06	29638.41	4.5	10695.75	4.5
528.0161	18933.55	7	7	1.00	nl	680	-						
528.0997	18930.55	21	17	1.24	nl b	410	*						
528.1860	18927.46	44	40	1.10		535	-	-391	-0.02	31272.03	6.5	12344.55	6.5
528.2437	18925.39	23	19	1.21	nl	380	*						
528.2627	18924.71	7	6	1.17	nl	470	+						
528.3065	18923.14	4	3	1.33	nl	410	*						
528.3851	18920.32	3	3	1.00	nl	780	*						
528.4052	18919.60	4	4	1.00	nl	590	*						
528.4654	18917.45	4	4	1.00	nl b	650	-						
528.5497	18914.43	29	27	1.07	nl b	780	+						
528.5530	18914.31	26	26	1.00	nl b	650	+						
528.5913	18912.94	5	4	1.25	nl	210	+						
528.6367	18911.32	4	3	1.33	nl	450	-						
528.7370	18907.73	5	4	1.25	nl	590	-						
528.8827	18902.52	28	24	1.17		540	+	370	-0.04	33983.68	7.5	15081.12	6.5
528.9689	18899.44	18	14	1.29	nl b	1370	+	1273	0.12	37550.85	6.5	18651.53	7.5
528.9699	18899.41	18	14	1.29	nl b	1370	+						
529.0412	18896.86	4	4	1.00	nl	130	*						
529.0950	18894.94	35	30	1.17		710	+	598	-0.08	30425.58	9.5	11530.56	8.5
529.1660	18892.40	94	85	1.11	nl	440	-	-278	0.02	30582.15	8.5	11689.77	9.5
529.2482	18889.47	5	4	1.25	nl	860	+						
529.3230	18886.80	13	14	0.93	nl	520	-	-399	0.09	40265.25	7.5	21378.54	8.5
529.3629	18885.38	5	4	1.25	nl	790	*						
529.3864	18884.54	8	9	0.89	nl	640	+						
529.4394	18882.65	32	24	1.33	nl b	950	+	815	-0.07	34013.03	9.5	15130.31	8.5
529.4512	18882.23	6	6	1.00	nl b	600	*						
529.7876	18870.24	4	4	1.00	nl	640	+						
529.8063	18869.57	4	3	1.33	nl	120	-						
529.8511	18867.98	5	5	1.00	nl	1000	+						
530.1252	18858.22	1590	1290	1.23		830	-	-727	0.03	18858.19	6.5	0.00	7.5
530.2211	18854.81	4	4	1.00	nl	320	+						
530.2611	18853.39	34	29	1.17	nl b	250	-	155	0.02	33983.68	7.5	15130.31	8.5
530.2690	18853.11	34	29	1.17	nl b	610	+	437	0.02	33983.40	8.5	15130.31	8.5
530.3257	18851.09	11	8	1.38	nl	440	-						
530.4180	18847.81	41	39	1.05	nl b	810	-	-730	-0.03	38124.76	8.5	19276.92	7.5
530.4317	18847.33	41	39	1.05	nl b	500	+	486	-0.01	33983.40	8.5	15136.06	7.5
530.4447	18846.86	8	8	1.00	nl b	350	+						
530.5130	18844.44	5	5	1.00	nl	570	+						
530.5767	18842.17	38	32	1.19	nl	720	+						
530.6006	18841.33	9	12	0.75	nl	480	-	286	-0.04	39910.59	8.5	21069.22	7.5
530.6127	18840.89	9	11	0.82	nl	250	-						
530.7050	18837.62	11	12	0.92	nl	200	+	-102	-0.18	41704.35	10.5	22866.55	9.5
530.7757	18835.11	6	5	1.20	nl	850	+						
530.8505	18832.45	4	3	1.33	nl	110	*						
530.9107	18830.32	4	3	1.33	nl	300	*						
531.0147	18826.63	7	6	1.17	nl	510	-						
531.2412	18818.60	4	3	1.33	nl b	930	*						
531.2707	18817.56	5	5	1.00	nl b	1140	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanim	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
531.3417	18815.05	6	5	1.20	nl b	880	+						
531.4128	18812.53	20	20	1.00		230	-	117	-0.01	37150.34	7.5	18337.80	8.5
531.4652	18810.67	6	5	1.20	nl	880	-						
531.6100	18805.55	4	3	1.33	nl	960	*						
531.6578	18803.86	4	4	1.00	nl	270	*						
531.7739	18799.76	8	7	1.14		120	+	-52	-0.05	35737.24	6.5	16937.43	5.5
531.8542	18796.91	16	14	1.14	nl	100	*	40	-0.02	30327.49	8.5	11530.56	8.5
531.9299	18794.24	34	33	1.03	nc	590	-	-253	0.00	36677.81	9.5	17883.57	9.5
531.9721	18792.75	58	58	1.00	b	610	+						
531.9851	18792.29	13	11	1.18	nl b	670	+	513	-0.01	34584.43	6.5	15792.13	5.5
532.0371	18790.45	3	3	1.00	nl	740	*						
532.0937	18788.45	17	21	0.81	nl	120	*						
532.1797	18785.42	5	4	1.25	nl	320	-						
532.3505	18779.39	4	4	1.00	nl	410	*						
532.3674	18778.80	24	28	0.86	nl	130	*	40	-0.20	41255.89	9.5	22476.89	8.5
532.3869	18778.11	5	4	1.25		460	-	-501	-0.05	35514.11	5.5	16735.95	6.5
532.4102	18777.29	4	3	1.33	nl	380	*						
532.4928	18774.37	25	25	1.00	nl	670	+	432	-0.12	37426.02	8.5	18651.53	7.5
532.5425	18772.62	22	21	1.05	nl	350	+						
532.6944	18767.27	9	8	1.13	nl b	840	+	754	-0.13	38828.16	6.5	20060.76	5.5
532.7119	18766.65	4	4	1.00	nl b	310	-						
532.7507	18765.28	23	21	1.10	nl	900	-						
532.8822	18760.65	4	3	1.33	nl b	800	+						
532.8917	18760.32	13	10	1.30	nl b	270	-						
532.9221	18759.25	4	3	1.33	nl	190	-						
533.0092	18756.19	3940	3120	1.26	b	210	*	72	-0.03	18756.22	7.5	0.00	7.5
533.0247	18755.64	21	25	0.84	nl b	480	*	184	-0.12	39071.65	8.5	20315.89	8.5
533.0372	18755.20	13	11	1.18	nl b	330	-						
533.4015	18742.39	5	4	1.25		180	+	-105	-0.01	34534.53	6.5	15792.13	5.5
533.4629	18740.23	30	31	0.97	nl b	620	+						
533.4676	18740.07	46	46	1.00	nl b	180	-						
533.4807	18739.61	46	46	1.00	nl b	990	+						
533.5898	18735.78	8	6	1.33	b	640	+	454	-0.03	30425.58	9.5	11689.77	9.5
533.6007	18735.39	12	12	1.00	nl b	450	+						
533.6351	18734.19	13	10	1.30	nl	730	-	-637	-0.06	34888.46	7.5	16154.21	7.5
533.7877	18728.83	5	4	1.25	nl b	540	*						
533.8327	18727.25	6	5	1.20	nl b	440	*						
533.8443	18726.84	11	12	0.92	b	570	*	645	-0.06	33808.02	7.5	15081.12	6.5
533.8727	18725.85	16	14	1.14	nl b	1400	-						
533.9627	18722.69	13	13	1.00	nl	230	-	143	0.01	40101.22	7.5	21378.54	8.5
533.9946	18721.57	98	58	1.69	nl	630	-	-518	0.06	24141.21	5.5	5419.70	6.5
534.1058	18717.67	8	7	1.14	nl b	260	*						
534.1557	18715.93	18	21	0.86	nl b	360	-						
534.2115	18713.97	19	14	1.36	nl b	890	-	-788	-0.08	34868.26	8.5	16154.21	7.5
534.2307	18713.30	8	8	1.00	nl b	610	-	-454	0.07	40265.25	7.5	21552.02	8.5
534.4145	18706.86	5	5	1.00	nl	640	*						
534.5129	18703.42	17	15	1.13	nl b	380	-	-139	0.02	31042.44	7.5	12339.04	7.5
534.5217	18703.11	10	8	1.25	nl b	260	-						
534.6381	18699.04	4	4	1.00		580	*	-467	-0.01	34853.26	7.5	16154.21	7.5
534.6711	18697.89	121	110	1.10	nl	200	+	-111	0	31042.44	7.5	12344.55	6.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
534.8307	18692.31	19	19	1.00	nl b	450	-						
534.9394	18688.51	8	8	1.00	nl b	1140	+	1023	-0.18	30011.00	11.5	11322.31	10.5
534.9447	18688.32	8	8	1.00	nl b	730	-						
534.9682	18687.50	4	4	1.00	nl	630	+						
535.1282	18681.91	9	10	0.90	nl b	620	+						
535.1362	18681.63	5	4	1.25	nl b	180	-						
535.2327	18678.27	4	3	1.33	nl	610	+						
535.2482	18677.73	7	5	1.40	nl	450	+	470	0.02	33808.02	7.5	15130.31	8.5
535.3007	18675.89	7	7	1.00	nl	1010	+						
535.3850	18672.95	8	10	0.80	nl	620	+	421	0.01	40051.48	8.5	21378.54	8.5
535.7047	18661.81	11	9	1.22	nl	290	*						
535.7217	18661.22	9	8	1.13	nl b	340	*						
535.7277	18661.01	8	7	1.14	nl b	840	-						
535.7769	18659.29	44	50	0.88	nl	340	-	-146	0.03	39273.06	8.5	20613.80	8.5
535.8022	18658.41	11	13	0.85	nl	200	+						
535.8947	18655.19	8	9	0.89	nl	170	-						
535.9956	18651.68	960	820	1.17	b	660	+	321	-0.06	28393.24	9.5	9741.50	9.5
536.0005	18651.51	5837	5170	1.13	b	560	+	120	-0.02	18651.53	7.5	0.00	7.5
536.1067	18647.82	8	7	1.14	nl	1330	+						
536.3394	18639.73	4	3	1.33	nl	230	-						
536.3560	18639.15	3	3	1.00	nl	470	*						
536.3970	18637.73	153	126	1.21	nl	140	-	-104	0.01	30327.49	8.5	11689.77	9.5
536.4739	18635.05	5	4	1.25	nl	390	*						
536.4989	18634.18	10	12	0.83	nl b	250	*						
536.5067	18633.91	11	10	1.10	nl b	330	*						
536.7377	18625.89	19	16	1.19	nl	300	-						
536.7788	18624.47	105	92	1.14	nl	420	-	-182	0	31707.40	5.5	13082.93	5.5
537.0381	18615.47	4	4	1.00	nl	450	*						
537.1972	18609.96	4	3	1.33	nl	410	+						
537.2527	18608.04	12	10	1.20	nl	680	+						
537.3392	18605.05	10	13	0.77	nl b	980	+	886	0.05	39098.76	6.5	20493.76	6.5
537.3529	18604.57	30	31	0.97	b	710	+	584	-0.18	30135.31	8.5	11530.56	8.5
537.3542	18604.52	25	24	1.04	nl b	700	+						
537.6440	18594.50	174	110	1.58	nl	130	*	-47	-0.02	24014.22	6.5	5419.70	6.5
537.8007	18589.08	5	4	1.25	nl	770	-						
537.8552	18587.19	18	15	1.20	nl	430	-						
537.9627	18583.48	24	21	1.14	nl	870	-						
537.9942	18582.39	31	34	0.91	nl	370	-	-203	0.04	40265.25	7.5	21682.90	7.5
538.1432	18577.25	1320	1100	1.20		110	*	46	-0.03	27724.36	6.5	9147.08	6.5
538.1917	18575.57	10	9	1.11	nl b	600	+						
538.2177	18574.68	9	7	1.29	nl b	1110	-						
538.4177	18567.78	106	106	1.00	nl	190	-						
538.4573	18566.41	62	70	0.89	nc	310	+	229	-0.05	40051.48	8.5	21485.02	9.5
538.5010	18564.91	1870	1650	1.13		150	-	-86	0.01	18564.90	6.5	0.00	7.5
538.6522	18559.69	3	3	1.00	nl	630	*						
538.8437	18553.10	9	8	1.13	nl	530	*						
538.8685	18552.25	3	2	1.50	nl b	630	+	558	-0.1	35434.63	6.5	16882.28	7.5
538.8727	18552.10	6	5	1.20	nl b	240	*						
538.8817	18551.79	32	32	1.00	nl	180	-						
538.9263	18550.26	6	5	1.20	nl b	290	-	-164	0.03	26977.34	6.5	8427.11	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
539.1240	18543.45	9	8	1.13	nl b	520 +	462	-0.04	26922.40	7.5	8378.91	8.5
539.1445	18542.75	420	358	1.17	nl	120 +	-33	-0.05	39156.60	9.5	20613.80	8.5
539.3396	18536.04	28	22	1.27	b	1060 +	924	-0.08	27141.28	6.5	8605.16	5.5
539.6180	18526.48	70	45	1.56		775 -	-670	0.02	23946.16	5.5	5419.70	6.5
539.6537	18525.25	11	11	1.00	nl	790 +						
539.7577	18521.68	4	4	1.00	nl b	1250 *						
539.7697	18521.27	15	12	1.25	nl b	550 -						
539.8320	18519.13	69	57	1.21	b	220 +	-114	-0.02	30049.71	9.5	11530.56	8.5
539.8512	18518.47	10	8	1.25	b	860 +	800	-0.07	30049.10	7.5	11530.56	8.5
539.9390	18515.46	8	7	1.14	nl	370 -						
539.9693	18514.42	7	8	0.88	nl	290 -						
540.1537	18508.10	9	8	1.13	nl	420 +						
540.2923	18503.35	11	8	1.38	nl	260 -						
540.3081	18502.81	57	49	1.16	b	560 -	-338	0.02	28244.29	8.5	9741.50	9.5
540.3213	18502.36	680	600	1.13	b	500 +	373	-0.07	27649.51	7.5	9147.08	6.5
540.4059	18499.47	8	9	0.89	nl b	590 +	335	0.01	40051.48	8.5	21552.02	8.5
540.4100	18499.32	8	7	1.14	nl b	370 *						
540.4750	18497.10	9	8	1.13	nl	270 +	30	-0.1	35434.63	6.5	16937.43	5.5
540.4950	18496.42	4	4	1.00	nl	1050 *						
540.5162	18495.69	13	10	1.30	nl	210 -						
540.6387	18491.50	4	4	1.00	nl	620 -						
540.7093	18489.08	195	220	0.89	nc	590 -	-508	0.01	38613.34	10.5	20124.27	9.5
540.9337	18481.41	7	6	1.17	nl	700 +						
541.0065	18478.93	7	6	1.17	nl	410 *						
541.0497	18477.45	8	6	1.33	nl	390 -						
541.1875	18472.75	40	41	0.98	nl	800 +	717	-0.07	38966.58	7.5	20493.76	6.5
541.2927	18469.16	31	31	1.00	nl	360 +						
541.3198	18468.23	6	8	0.75	nl	500 +	452	0	40151.13	7.5	21682.90	7.5
541.3609	18466.83	91	79	1.15		160 +	106	-0.03	30805.90	8.5	12339.04	7.5
541.5497	18460.39	13	10	1.30	nl	520 -						
541.7172	18454.69	4	4	1.00	nl	330 *						
541.7677	18452.96	14	13	1.08	nl	1315 +						
541.8433	18450.39	18	14	1.29		780 -	-688	-0.06	34888.46	7.5	16438.01	8.5
541.8875	18448.89	13	10	1.30		760 +	681	-0.06	29979.51	7.5	11530.56	8.5
541.9866	18445.51	33	28	1.18	nl	580 +	484	-0.03	30135.31	8.5	11689.77	9.5
542.0737	18442.55	20	16	1.25	nl	510 +						
542.1282	18440.69	3	3	1.00	nl	520 *						
542.3437	18433.37	3	3	1.00	nl	400 *						
542.3745	18432.32	11	8	1.38	nl b	930 +	846	-0.09	26811.32	7.5	8378.91	8.5
542.4378	18430.17	48	36	1.33	nl	900 -	-810	-0.08	34868.26	8.5	16438.01	8.5
542.4718	18429.02	210	194	1.08		140 +	81	-0.02	30773.59	7.5	12344.55	6.5
542.5738	18425.55	18	18	1.00	nl	860 -	-770	-0.02	39910.59	8.5	21485.02	9.5
542.6047	18424.50	6	6	1.00	nl	200 -						
542.6645	18422.47	3	3	1.00	nl	610 *						
542.7877	18418.29	6	5	1.20	nl	370 -						
543.0572	18409.15	5	4	1.25	nl	640 +						
543.0937	18407.91	8	6	1.33	nl	850 -						
543.2460	18402.74	33	37	0.89	nc	1060 -	-975	-0.1	38613.34	10.5	20210.50	10.5
543.2980	18400.99	24	19	1.26	b	380 +	138	-0.03	29096.77	5.5	10695.75	4.5
543.3063	18400.71	17	17	1.00	nl b	830 +						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
543.3491	18399.26	4	3	1.33	nl	910	+						
543.4477	18395.92	7	7	1.00	nl	460	+						
543.5148	18393.65	11	10	1.10		290	+	-228	-0.04	34185.82	6.5	15792.13	5.5
543.5875	18391.19	585	530	1.10	nc	130	+	67	-0.07	26770.17	9.5	8378.91	8.5
543.6686	18388.45	5	4	1.25	nl	530	*						
543.6970	18387.49	5	4	1.25		210	*	137	-0.02	33523.57	7.5	15136.06	7.5
543.8105	18383.65	18	14	1.29	nl	240	-	154	-0.06	34537.92	8.5	16154.21	7.5
543.9710	18378.22	5	4	1.25	nl	820	*						
544.0578	18375.29	4	3	1.33	nl b	720	*						
544.0740	18374.74	4	4	1.00	nl b	430	+						
544.2038	18370.36	105	87	1.21		650	-	-589	0	29692.67	9.5	11322.31	10.5
544.2334	18369.36	11	9	1.22	nl	270	*						
544.2575	18368.55	13	15	0.87	nl	710	+	621	-0.03	40051.48	8.5	21682.90	7.5
544.3341	18365.97	6	6	1.00	nl	1180	-	-1100	0.04	37233.47	7.5	18867.54	6.5
544.3897	18364.09	8	8	1.00	nl	440	-						
544.4257	18362.87	8	7	1.14	nl	200	+						
544.5124	18359.95	493	405	1.22		435	*	-258	0.01	30049.71	9.5	11689.77	9.5
544.5527	18358.59	13	13	1.00	nl	750	-	-649	0.02	39910.59	8.5	21552.02	8.5
544.6592	18355.00	5	4	1.25	nl	830	-						
544.7227	18352.86	13	12	1.08	nl b	630	*						
544.7337	18352.49	13	12	1.08	nl b	1100	+						
544.7492	18351.97	6	5	1.20	nl b	280	*						
544.9160	18346.35	44	43	1.02	nl	1340	-						
544.9662	18344.66	5	4	1.25	nl	550	*						
545.0907	18340.47	6	6	1.00	nl b	690	-						
545.1079	18339.89	16	16	1.00	nl b	390	-	274	-0.12	36677.81	9.5	18337.80	8.5
545.1529	18338.38	17	16	1.06	nl b	640	-						
545.1726	18337.72	806	760	1.06	nc b	910	+	822	-0.08	18337.80	8.5	0.00	7.5
545.2647	18334.62	4	3	1.33	nl	330	*						
545.2752	18334.27	4	4	1.00	nl	400	+						
545.5398	18325.37	14	16	0.88	nl	730	-	-636	-0.05	39156.60	9.5	20831.18	9.5
545.6607	18321.31	5	4	1.25	nl	290	*						
545.6765	18320.78	13	14	0.93	nl b	600	+						
545.6787	18320.71	25	19	1.32	nl b	530	-						
545.8467	18315.07	16	13	1.23	nl	260	-						
545.9651	18311.10	8	7	1.14	nl	520	-	-317	0.01	31394.02	5.5	13082.93	5.5
546.1927	18303.47	9	8	1.13	nl	420	+						
546.2817	18300.49	11	8	1.38	nl	300	*						
546.3828	18297.10	26	22	1.18	nl	330	+	-243	-0.01	31380.04	6.5	13082.93	5.5
546.4522	18294.78	9	7	1.29	nl b	710	-						
546.4552	18294.68	8	8	1.00	nl b	750	-						
546.9941	18276.65	12	9	1.33	nl	400	+	212	-0.06	27423.79	6.5	9147.08	6.5
547.1887	18270.15	9	11	0.82	nl	1060	+						
547.2379	18268.51	6	6	1.00	nl b	630	*						
547.2451	18268.27	49	39	1.26	nl b	150	*						
547.4787	18260.48	5	6	0.83	nl b	750	+						
547.4866	18260.21	5	4	1.25	nl b	280	*						
547.5833	18256.99	4	3	1.33	nl	250	-						
547.6167	18255.87	9	9	1.00	nl	470	*	316	-0.04	40270.03	8.5	22014.12	7.5
547.7582	18251.16	18	19	0.95	nl	170	-	54	0.03	40265.25	7.5	22014.12	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
547.8947	18246.61	5	5	1.00	nl	180	-	-23	0.00	26673.72	6.5	8427.11	7.5
548.0001	18243.10	573	512	1.12	nl	100	+	-27	-0.01	30582.15	8.5	12339.04	7.5
548.0267	18242.22	18	20	0.90	nl	1030	-						
548.0612	18241.07	43	46	0.93	nl	140	+	-29	0.02	40265.25	7.5	22024.20	6.5
548.0889	18240.15	8	8	1.00	nl	930	+						
548.1695	18237.46	125	110	1.14		790	+	682	-0.11	26664.68	8.5	8427.11	7.5
548.2246	18235.63	158	138	1.14	nl	820	+	677	-0.13	29558.07	10.5	11322.31	10.5
548.3117	18232.73	5	6	0.83	nl	460	*						
548.3387	18231.84	7	6	1.17	nl b	310	*						
548.3482	18231.52	7	6	1.17	nl b	750	+						
548.4394	18228.49	4	4	1.00	nl b	320	+						
548.4634	18227.69	4	4	1.00	nl	450	-	-400	0.00	39910.59	8.5	21682.90	7.5
548.5337	18225.36	12	13	0.92	nl b	770	*						
548.5617	18224.43	4	3	1.33	nl	300	-						
548.6177	18222.57	10	11	0.91	nl	560	+						
548.6820	18220.43	4	3	1.33	nl b	780	+						
548.6882	18220.22	5	4	1.25	nl b	320	+						
548.7547	18218.02	12	9	1.33	nl	750	-						
548.7817	18217.12	6	5	1.20	nl b	750	+						
548.7907	18216.82	10	8	1.25	nl b	270	-						
548.9771	18210.64	102	88	1.16	nl	680	+	575	-0.07	26637.82	8.5	8427.11	7.5
549.1402	18205.23	5	4	1.25	nl	760	-						
549.1832	18203.80	9	9	1.00	nl	800	+	723	-0.04	39273.06	8.5	21069.22	7.5
549.2764	18200.71	8	9	0.89	nl	200	-						
549.3222	18199.20	15	15	1.00	nl	170	-						
549.5118	18192.92	10	10	1.00	nl	370	-	-150	0.00	38806.72	7.5	20613.80	8.5
549.5757	18190.80	4	4	1.00	nl	110	*						
549.6294	18189.02	7	7	1.00	nl b	390	*	-351	-0.08	31272.03	6.5	13082.93	5.5
549.6457	18188.48	4	3	1.33	nl b	660	*						
549.6541	18188.21	3	3	1.00	nl b	190	*						
549.7607	18184.68	5	4	1.25	nl	880	*						
549.8536	18181.61	294	237	1.24		760	+	667	-0.07	27923.18	8.5	9741.50	9.5
549.8817	18180.68	5	5	1.00	nl	390	-						
549.9422	18178.68	10	7	1.43		1430	-	-1357	0.04	34888.46	7.5	16709.82	8.5
550.0337	18175.65	18	19	0.95	nl	310	+						
550.1117	18173.08	27	26	1.04	nl	770	+						
550.1587	18171.52	22	23	0.96	nl b	780	+	661	-0.01	38785.33	9.5	20613.80	8.5
550.1617	18171.43	17	17	1.00	nl b	500	*						
550.4443	18162.10	194	162	1.20		500	-	-385	-0.01	29692.67	9.5	11530.56	8.5
550.5544	18158.47	6	4	1.50	nl	1570	-	-1498	0.03	34868.26	8.5	16709.82	8.5
550.6767	18154.43	12	10	1.20	nl	600	-						
550.7382	18152.41	17	14	1.21		510	-	-403	-0.10	34888.46	7.5	16735.95	6.5
550.8185	18149.76	4	3	1.33	nl	300	+						
550.8631	18148.29	6	6	1.00	nl	340	+	119	0.03	39700.28	9.5	21552.02	8.5
551.0078	18143.52	9	9	1.00	b	1350	-	-1187	0.08	34853.26	7.5	16709.82	8.5
551.0174	18143.21	11	10	1.10	nl b	930	*	476	-0.08	29465.60	9.5	11322.31	10.5
551.1265	18139.62	5	4	1.25		250	+	204	-0.08	34293.91	8.5	16154.21	7.5
551.1622	18138.44	98	86	1.14	nl	120	*	-32	0.00	33268.75	8.5	15130.31	8.5
551.2058	18137.01	6	5	1.20	nl b	800	*	723	0.00	40151.13	7.5	22014.12	7.5
551.2097	18136.88	6	6	1.00	nl b	670	*	-609	-0.09	41971.91	8.5	23834.94	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
551.3379	18132.66	23	20	1.15	nl	130 +	-24	-0.03	33268.75	8.5	15136.06	7.5
551.4658	18128.46	4	4	1.00	nl b	880 -	-282	0.06	33983.68	7.5	15855.28	7.5
551.4752	18128.14	16	12	1.33	nl b	110 +	8	0.02	33983.40	8.5	15855.28	7.5
551.5128	18126.91	13	13	1.00	nl	820 +	726	-0.02	40151.13	7.5	22024.20	6.5
551.6407	18122.71	4	3	1.33		470 *						
551.6913	18121.04	4	3	1.33	nl	220 -						
551.8017	18117.42	3	3	1.00	nl b	200 *						
551.8078	18117.22	5	5	1.00	b	250 *	-177	-0.09	34853.26	7.5	16735.95	6.5
552.2886	18101.45	6	5	1.20	nl b	770 +	665	-0.14	26480.50	8.5	8378.91	8.5
552.2952	18101.23	6	5	1.20	nl b	420 +						
552.3637	18098.99	7	8	0.88	nl	1490 +						
552.4168	18097.25	7	6	1.17		540 -	-459	-0.03	28793.03	5.5	10695.75	4.5
552.5757	18092.04	4	4	1.00	nl	220 +						
553.0317	18077.12	6	6	1.00	nl b	700 *						
553.0366	18076.96	11	12	0.92	nl b	680 +	597	-0.06	40101.22	7.5	22024.20	6.5
553.0697	18075.88	33	32	1.03	nl	170 *						
553.2897	18068.69	8	6	1.33	nl b	400 +						
553.3654	18066.22	3	3	1.00	nl	190 *						
553.3911	18065.38	3	3	1.00	nl b	660 +						
553.4287	18064.16	5	3	1.67	nc b	530 +	462	-0.09	34502.26	9.5	16438.01	8.5
553.6387	18057.30	10	10	1.00	nl b	840 *						
553.6407	18057.24	9	9	1.00	nl b	450 *						
553.6627	18056.52	8	7	1.14	nl b	800 -						
553.6676	18056.36	8	7	1.14	nl b	320 *						
553.7544	18053.53	4	4	1.00	nl b	740 *						
553.7582	18053.41	4	4	1.00	nl b	600 *						
554.0797	18042.93	5	5	1.00	nl	830 -						
554.1650	18040.16	4	3	1.33	nl	390 *						
554.2028	18038.93	3	3	1.00	nl b	350 *						
554.2507	18037.37	5	5	1.00	nl	350 -						
554.4894	18029.60	4	4	1.00	nl b	1000 +	899	0.06	39098.76	6.5	21069.22	7.5
554.4907	18029.56	5	5	1.00	nl b	280 *						
554.5171	18028.70	9	10	0.90	nl	500 +						
554.5630	18027.21	4	3	1.33	nl	1040 *						
554.6098	18025.69	108	66	1.64		150 +	58	0.11	23445.28	7.5	5419.70	6.5
554.6997	18022.77	18	14	1.29	nl	130 *						
554.7857	18019.97	13	14	0.93	nl b	1220 +						
554.7987	18019.55	9	8	1.13	nl b	610 *						
554.8323	18018.46	3	3	1.00	nl	380 -						
554.8942	18016.45	5	5	1.00	nl	630 +						
554.9597	18014.32	9	9	1.00	nl	330 -						
555.0537	18011.27	4	4	1.00	nl	560 +						
555.0816	18010.37	23	26	0.88	nl	290 +	-197	-0.01	33091.50	7.5	15081.12	6.5
555.1725	18007.42	5	4	1.25	nl b	490 -						
555.1855	18007.00	4	3	1.33	nl b	1250 -	-1014	0.10	40234.24	7.5	22227.34	7.5
555.2342	18005.42	4	3	1.33	nl b	1070 *						
555.2416	18005.18	7	7	1.00	nl b	180 -	-124	0.14	38320.93	7.5	20315.89	8.5
555.3115	18002.91	305	260	1.17		580 -	-529	0.01	29692.67	9.5	11689.77	9.5
555.3842	18000.55	24	24	1.00	nl	550 -	-446	0.06	38124.76	8.5	20124.27	9.5
555.5699	17994.54	11	10	1.10	nl	450 *	-349	-0.13	34714.29	5.5	16719.62	4.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
555.6450	17992.11	4	4	1.00	nl	280	+						
555.6629	17991.53	3	3	1.00	nl	480	+						
555.7587	17988.43	98	83	1.18	nl	360	+	147	-0.02	30327.49	8.5	12339.04	7.5
556.0927	17977.62	120	118	1.02		960	-						
556.1287	17976.46	8	6	1.33	nl	100	*						
556.1587	17975.49	6	6	1.00	nl	820	-						
556.3485	17969.35	5	6	0.83	nl b	360	*						
556.5034	17964.35	11	7	1.57	nl b	1160	+	1072	-0.18	34648.05	10.5	16683.52	9.5
556.5147	17963.99	6	6	1.00	nl b	460	*						
556.6518	17959.56	2560	1651	1.55		330	-	-153	-0.05	23379.31	5.5	5419.70	6.5
556.7426	17956.64	15	17	0.88	nl	1230	-	-1111	0.09	37233.47	7.5	19276.92	7.5
556.7780	17955.49	7	7	1.00	nl	450	-	-369	0.05	33091.50	7.5	15136.06	7.5
557.1216	17944.42	95	90	1.06	nl	1360	+	1231	-0.18	29266.91	11.5	11322.31	10.5
557.3848	17935.95	61	46	1.33	nl b	280	-	172	0.01	30280.49	5.5	12344.55	6.5
557.4168	17934.92	4	3	1.33	nl	720	+	680	-0.12	29465.60	9.5	11530.56	8.5
557.5617	17930.26	16	16	1.00	nl	730	-						
557.5896	17929.36	14	13	1.08		790	+	700	-0.12	27670.98	9.5	9741.50	9.5
558.0378	17914.96	4	3	1.33	nl b	720	*						
558.0873	17913.37	3	3	1.00	nl	390	+	320	-0.12	41124.70	9.5	23211.21	9.5
558.2355	17908.61	5	4	1.25	nl b	190	*						
558.2425	17908.39	7	5	1.40	nl b	470	-	-405	-0.06	34346.46	7.5	16438.01	8.5
558.2702	17907.50	4	4	1.00	nl b	1210	-						
558.4187	17902.74	4	3	1.33	nl	750	-	-727	0.02	27049.80	5.5	9147.08	6.5
558.5882	17897.31	7	7	1.00	nl	830	+	755	-0.05	38966.58	7.5	21069.22	7.5
558.7635	17891.69	10	7	1.43		350	*	-273	-0.1	36229.59	9.5	18337.80	8.5
559.0007	17884.10	17	18	0.94	nl	1010	+						
559.1171	17880.38	41	34	1.21	nl	880	+	779	0.13	39904.45	7.5	22024.20	6.5
559.3679	17872.36	15	15	1.00	nl b	560	+	441	-0.03	40265.25	7.5	22392.86	6.5
559.3814	17871.93	12	10	1.20	nl b	120	*						
559.3999	17871.34	3	3	1.00	nl	130	+						
559.4638	17869.30	9	10	0.90	nl	540	-	-367	0.05	33005.31	7.5	15136.06	7.5
559.4987	17868.18	52	46	1.13	nl	880	+	737	-0.12	29558.07	10.5	11689.77	9.5
559.5407	17866.84	27	26	1.04	nl	880	-						
559.9326	17854.34	6	5	1.20	nl	250	+	152	-0.06	34537.92	8.5	16683.52	9.5
560.0010	17852.15	4	4	1.00	nl	230	-						
560.0542	17850.46	4	3	1.33	nl b	210	+						
560.2217	17845.12	7	6	1.17	nl	210	-						
560.3364	17841.47	4	3	1.33	nl	920	+						
560.5747	17833.88	9	7	1.29	nl	250	-						
560.6894	17830.24	7	5	1.40	nl	340	+	-73	-0.02	26977.34	6.5	9147.08	6.5
560.7228	17829.17	21	16	1.31	nl b	680	+	461	-0.02	33983.40	8.5	16154.21	7.5
560.7290	17828.98	16	12	1.33	b	350	*	174	-0.13	34888.46	7.5	17059.35	6.5
561.0094	17820.07	4	3	1.33	nl	100	*	56	-0.13	40234.24	7.5	22414.04	6.5
561.0299	17819.41	20	18	1.11	nl	470	+	385	-0.07	26198.39	7.5	8378.91	8.5
561.0544	17818.64	4	3	1.33	nl b	520	+	495	-0.1	34502.26	9.5	16683.52	9.5
561.0582	17818.52	5	4	1.25	nl b	250	-						
561.1367	17816.02	13	13	1.00	nl	620	-						
561.3657	17808.76	42	43	0.98	nc	510	+	412	-0.11	38124.76	8.5	20315.89	8.5
561.5328	17803.46	5	4	1.25	nl b	540	*						
561.5473	17803.00	3	3	1.00	nl b	330	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
561.5910	17801.61	15	11	1.36	nl	220 -	-116	0.01	30146.15	5.5	12344.55	6.5
561.6843	17798.66	72	63	1.14		530 -	-369	0.02	26225.75	6.5	8427.11	7.5
561.7387	17796.93	35	40	0.88	nl b	990 -						
561.8372	17793.81	12	8	1.50		450 *	293	-0.1	34853.26	7.5	17059.35	6.5
561.8799	17792.46	8	7	1.14	nl b	340 -	-255	0.02	34502.26	9.5	16709.82	8.5
561.8957	17791.96	15	13	1.15	nl b	120 -						
561.9544	17790.10	4	3	1.33	nl	1000 +						
562.0201	17788.02	14	16	0.88	nl b	400 *	-346	-0.02	39273.06	8.5	21485.02	9.5
562.1292	17784.57	5	4	1.25	nl	550 +						
562.2095	17782.03	16	17	0.94	nl	690 -	-594	-0.13	38613.34	10.5	20831.18	9.5
562.3364	17778.01	52	62	0.84	nl b	150 +	-64	-0.05	39156.60	9.5	21378.54	8.5
562.3461	17777.71	7	7	1.00	nl b	460 -						
562.3662	17777.07	4	3	1.33	nl b	560 -						
562.3733	17776.85	5	3	1.67	nl b	480 -	-336	-0.01	34714.29	5.5	16937.43	5.5
562.4076	17775.76	99	92	1.08	nl b	640 +	536	-0.07	29465.60	9.5	11689.77	9.5
562.4171	17775.46	125	110	1.14	nl b	150 *						
562.4241	17775.24	67	62	1.08	nl b	720 +	612	-0.08	26922.40	7.5	9147.08	6.5
562.5519	17771.21	53	50	1.06	nl	630 +	444	-0.07	26198.39	7.5	8427.11	7.5
562.7606	17764.62	2470	2291	1.08		100 *	0	-0.04	26143.57	8.5	8378.91	8.5
562.9911	17757.34	5	4	1.25	nl	180 -						
563.1198	17753.28	9	8	1.13	b	600 +	507	-0.04	29443.09	8.5	11689.77	9.5
563.1217	17753.22	9	7	1.29	nl b	510 *						
563.2082	17750.50	7	6	1.17	nl	200 -						
563.6230	17737.43	16	15	1.07	nl	780 +	717	-0.07	38806.72	7.5	21069.22	7.5
563.7845	17732.35	4	4	1.00	nl	350 *						
563.9017	17728.67	134	120	1.12	nl	970 +	888	-0.1	27470.27	9.5	9741.50	9.5
563.9792	17726.23	5	4	1.25	nl	400 -						
564.1437	17721.06	12	12	1.00	nl	470 -	-243	0.02	39273.06	8.5	21552.02	8.5
564.2922	17716.40	582	541	1.08		130 +	59	-0.06	26143.57	8.5	8427.11	7.5
564.4963	17709.99	4	3	1.33	nl	970 +	907	-0.07	30049.10	7.5	12339.04	7.5
564.5879	17707.12	16	15	1.07	nl b	720 +						
564.5902	17707.05	19	23	0.83	nl b	570 *						
564.6173	17706.20	6	5	1.20	nl	510 +						
564.6731	17704.45	10	8	1.25	b	1050 +	935	-0.1	30049.10	7.5	12344.55	6.5
564.8107	17700.14	182	170	1.07	nl	410 -	-244	0.03	26127.22	6.5	8427.11	7.5
564.9867	17694.62	5	4	1.25	nl	400 -						
565.0357	17693.09	4	3	1.33	nl	400 *						
565.2507	17686.36	8	6	1.33	nl	1090 -						
565.3318	17683.82	6	7	0.86	nl b	120 *						
565.3872	17682.09	4	3	1.33	nl	280 -						
565.5305	17677.61	4	3	1.33	nl	450 +						
565.6567	17673.66	23	18	1.28	nl	320 -						
565.7275	17671.45	4	4	1.00	nl	340 *						
565.9626	17664.11	330	290	1.14		1060 +	996	-0.13	26811.32	7.5	9147.08	6.5
566.2587	17654.87	10	7	1.43	nl	280 -	169	-0.07	34714.29	5.5	17059.35	6.5
566.4782	17648.03	4	3	1.33	nl	210 +						
566.5138	17646.92	15	12	1.25		680 +	548	-0.08	34584.43	6.5	16937.43	5.5
566.5886	17644.59	124	118	1.05	nl	180 -	-116	-0.02	26023.52	7.5	8378.91	8.5
566.6587	17642.41	5	4	1.25	nl	200 -	147	0.07	37717.23	7.5	20074.89	7.5
566.7231	17640.41	6	5	1.20	b	850 +	788	-0.06	29979.51	7.5	12339.04	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
566.7507	17639.55	3	3	1.00	nl	440	-						
566.8335	17636.97	4	3	1.33	nl	540	*						
566.9012	17634.87	26	21	1.24	b	890	+	815	-0.09	29979.51	7.5	12344.55	6.5
566.9115	17634.54	22	22	1.00	nl b	200	-						
566.9407	17633.64	21	21	1.00	nl	850	-						
567.0555	17630.07	18	14	1.29	nl	560	-	-386	0.21	36367.65	8.5	18737.79	8.5
567.1033	17628.58	4	3	1.33	nl	220	-						
567.2237	17624.84	3	3	1.00	nl	150	-						
567.4107	17619.03	5	4	1.25	nl b	1170	*						
567.4150	17618.90	5	4	1.25	nl b	1310	-						
567.4722	17617.12	765	707	1.08		1340	+	1253	-0.19	27358.81	10.5	9741.50	9.5
567.6505	17611.59	6	5	1.20	nl	370	*	309	0.02	33466.85	8.5	15855.28	7.5
567.6747	17610.84	42	45	0.93	nl	460	-						
567.8784	17604.52	18	21	0.86	nl	210	+	-129	-0.06	39156.60	9.5	21552.02	8.5
567.9917	17601.01	11	8	1.38	nl b	1240	-						
568.0797	17598.28	5	6	0.83	nl	230	+						
568.1183	17597.08	6	5	1.20	nl b	450	*						
568.1193	17597.05	6	5	1.20	b	110	+	-65	-0.05	34534.53	6.5	16937.43	5.5
568.1411	17596.38	1242	1151	1.08	nl	120	*	-57	-0.03	26023.52	7.5	8427.11	7.5
568.1597	17595.80	8	7	1.14	nl	270	*						
568.1702	17595.48	6	7	0.86	nl	300	-						
568.2107	17594.22	105	76	1.38		990	+	896	-0.17	34277.91	9.5	16683.52	9.5
568.3157	17590.97	4	4	1.00	nl	780	+						
568.3375	17590.30	10	8	1.25	nl b	360	+	128	-0.03	32671.45	7.5	15081.12	6.5
568.3418	17590.16	6	5	1.20	nl b	80	+	26	0	39273.06	8.5	21682.90	7.5
568.4098	17588.06	5	4	1.25	nl	240	*						
568.4349	17587.28	3	3	1.00	nl b	1120	+						
568.4583	17586.56	4	4	1.00	nl b	290	*						
568.4601	17586.50	4	5	0.80	nl b	470	-	-389	-0.13	39071.65	8.5	21485.02	9.5
568.4902	17585.57	5	4	1.25	nl	550	-						
568.5464	17583.83	4	3	1.33	nl	320	-						
568.8348	17574.92	10	8	1.25	b	890	+	796	-0.1	34013.03	9.5	16438.01	8.5
568.8479	17574.51	12	9	1.33	nl b	280	-						
568.9715	17570.70	6	6	1.00	nl	150	*						
569.0582	17568.02	5	4	1.25	nl	250	-	203	-0.07	34277.91	9.5	16709.82	8.5
569.1440	17565.37	1037	880	1.18		760	+	668	-0.1	28887.78	10.5	11322.31	10.5
569.3672	17558.49	800	490	1.63		120	*	-19	0	22978.19	6.5	5419.70	6.5
569.4421	17556.18	83	73	1.14		970	-	-864	0.07	29086.67	7.5	11530.56	8.5
569.5742	17552.10	4	4	1.00	nl	380	-						
569.6967	17548.33	3	3	1.00	nl b	470	*						
569.6991	17548.26	4	3	1.33	nl b	120	*						
569.7823	17545.69	3	2	1.50	nl b	120	*	92	0.02	33983.68	7.5	16438.01	8.5
569.7927	17545.38	8	8	1.00	b	480	+	417	-0.01	33983.40	8.5	16438.01	8.5
569.8954	17542.21	3	3	1.00	nl	130	+						
569.9288	17541.19	19	17	1.12		190	-	-109	0.05	32671.45	7.5	15130.31	8.5
570.1165	17535.41	8	6	1.33	nl	110	*	-14	0.02	32671.45	7.5	15136.06	7.5
570.1307	17534.97	6	5	1.20	nl	570	-						
570.1807	17533.43	7	6	1.17	nl	250	-						
570.3197	17529.16	13	12	1.08	nl	390	+						
570.3457	17528.36	5	5	1.00	nl	640	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
570.4030	17526.60	29	25	1.16	nl	140 +	68	-0.04	26673.72	6.5	9147.08	6.5
570.4417	17525.41	17	14	1.21	nl	370 +						
570.5107	17523.29	13	11	1.18	nl	970 -						
570.5877	17520.93	38	42	0.90	nl	650 -						
570.6427	17519.24	12	9	1.33	nl	1230 -						
570.6956	17517.62	124	107	1.16	nl	550 -	-390	0.03	26664.67	5.5	9147.08	6.5
570.7419	17516.19	5	4	1.25	nl	620 -						
570.8037	17514.30	6	7	0.86		520 +						
570.9156	17510.87	40	41	0.98		130 *	46	-0.09	38124.76	8.5	20613.80	8.5
571.1651	17503.22	43	34	1.26		450 *	364	0	29842.26	6.5	12339.04	7.5
571.2375	17501.00	12	13	0.92		170 *	113	-0.03	36152.56	8.5	18651.53	7.5
571.3459	17497.68	19	16	1.19	b	700 +	391	-0.03	29842.26	6.5	12344.55	6.5
571.6155	17489.43	58	50	1.16		640 +	486	-0.07	29834.05	7.5	12344.55	6.5
571.6361	17488.79	3	3	1.00	nl	220 -						
571.6439	17488.56	4	4	1.00	nl	200 *						
572.0392	17476.47	9	7	1.29	nl b	1340 +						
572.0507	17476.12	7	7	1.00	nl b	1040 +						
572.2256	17470.78	3	3	1.00	nl	500 *	559	-0.02	36328.99	6.5	18858.19	6.5
572.2557	17469.86	40	44	0.91	nl	180 -						
572.2717	17469.37	22	26	0.85	nl	510 +						
572.2862	17468.93	8	7	1.14	nl	140 *						
572.3517	17466.93	5	4	1.25	nl b	500 *						
572.3717	17466.32	10	8	1.25	nl b	450 *						
572.3918	17465.71	7	6	1.17	nl b	300 +						
572.4039	17465.34	12	10	1.20	nl b	220 +						
572.4690	17463.35	8	10	0.80		330 +	149	-0.08	40674.64	9.5	23211.21	9.5
572.6617	17457.47	35	32	1.09	nl	890 -						
572.9082	17449.96	5	4	1.25	nl	520 -						
572.9887	17447.51	4	3	1.33	nl	410 +						
573.0667	17445.14	9	9	1.00	nl	170 -						
573.1147	17443.67	9	8	1.13	nl	220 -						
573.3302	17437.12	15	19	0.79	nl	110 -	51	0.08	40648.25	8.5	23211.21	9.5
573.4037	17434.88	922	602	1.53		140 -	-10	0.05	26039.99	4.5	8605.16	5.5
573.6192	17428.33	14	14	1.00	nl	240 -	-79	0.15	38806.72	7.5	21378.54	8.5
573.8097	17422.55	6	5	1.20	nl	440 +						
573.9247	17419.06	118	110	1.07		590 +						
574.0725	17414.57	6	5	1.20	nl b	420 -	-230	0.01	38966.58	7.5	21552.02	8.5
574.1085	17413.48	14	11	1.27		570 -	-487	0.01	33268.75	8.5	15855.28	7.5
574.5607	17399.77	22	23	0.96	nl b	890 +						
574.5707	17399.47	16	15	1.07	nl b	630 +						
574.6747	17396.32	6	5	1.20	nl	130 +	162	-0.02	36152.56	8.5	18756.22	7.5
574.8807	17390.09	3	3	1.00	nl	320 +						
574.9290	17388.63	8	7	1.14	nl	80 +	31	-0.12	39071.65	8.5	21682.90	7.5
574.9654	17387.53	42	38	1.11		960 -						
575.0352	17385.42	4	4	1.00	nl	750 -						
575.1232	17382.76	256	227	1.13		570 -	-437	0.01	26529.83	5.5	9147.08	6.5
575.4506	17372.87	4	3	1.33	nl	390 -						
575.4761	17372.10	14	12	1.17	nl	330 -						
575.4924	17371.61	12	9	1.33		430 +	300	-0.11	34309.15	6.5	16937.43	5.5
575.5492	17369.89	3	3	1.00	nl	990 *						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l	
575.5849	17368.81	3	3	1.00	nl	270	*						
575.6685	17366.29	4	3	1.33	nl	110	*	-8	0.07	37864.95	8.5	20498.73	8.5
575.6947	17365.50	4	3	1.33	nl	180	*						
575.7259	17364.56	3	2	1.50	nl	200	*	154	0	36016.09	6.5	18651.53	7.5
576.0114	17355.95	4	3	1.33	nl	180	-						
576.0922	17353.52	3	3	1.00	nl	300	-						
576.2660	17348.29	4	3	1.33	nl	250	*						
576.2797	17347.87	15	15	1.00	nl	190	*						
576.3429	17345.97	6	6	1.00	nl	550	-						
576.7710	17333.10	3	3	1.00	nl b	920	+						
576.8452	17330.87	87	75	1.16		500	-	-282	0.02	28861.41	8.5	11530.56	8.5
576.8936	17329.41	18	14	1.29		880	+	788	-0.1	34013.03	9.5	16683.52	9.5
576.9917	17326.47	4	4	1.00	nl	170	*						
577.0310	17325.29	6	8	0.75		230	-	180	-0.21	25930.66	6.5	8605.16	5.5
577.1533	17321.61	4	3	1.33	nl	410	+						
577.3309	17316.29	3	3	1.00	nl b	370	*						
577.3379	17316.08	3	3	1.00	nl b	140	*						
577.3507	17315.69	5	5	1.00	nl b	500	-						
577.4532	17312.62	5	4	1.25	nl	800	+	753	-0.02	33466.85	8.5	16154.21	7.5
577.5544	17309.59	13	12	1.08	nl b	230	+	211	-0.05	26456.72	7.5	9147.08	6.5
577.5713	17309.08	36	26	1.38	b	620	-	-477	-0.07	25914.31	5.5	8605.16	5.5
577.6327	17307.24	17	19	0.89	nl	270	-						
577.7656	17303.26	6	5	1.20	nl b	200	-						
577.8787	17299.87	15	12	1.25		490	+	409	-0.01	33983.40	8.5	16683.52	9.5
577.9387	17298.08	12	11	1.09	nl	530	-						
577.9949	17296.39	10	10	1.00	nl b	890	+	881	0.07	37864.95	8.5	20568.63	8.5
578.0076	17296.01	230	200	1.15	nl b	380	-	-118	-0.04	26443.13	5.5	9147.08	6.5
578.0812	17293.81	6	6	1.00	nl b	220	-						
578.0890	17293.58	5	5	1.00	b	640	-	-547	0	38124.76	8.5	20831.18	9.5
578.3310	17286.34	4	4	1.00	nl	230	*						
578.4960	17281.41	5	4	1.25	nl	510	+	411	-0.08	25660.40	8.5	8378.91	8.5
578.6075	17278.08	36	39	0.92	nl	830	+						
578.7484	17273.88	13	10	1.30	b	700	-	-617	0.02	33983.68	7.5	16709.82	8.5
578.7550	17273.68	22	15	1.47	b	530	-	-302	0.1	33983.40	8.5	16709.82	8.5
578.9717	17267.21	3	3	1.00	nl	620	+						
578.9982	17266.42	5	5	1.00	nl	1190	-						
579.2495	17258.93	7	6	1.17	nl	470	-	291	-0.01	39273.06	8.5	22014.12	7.5
579.3492	17255.96	19	15	1.27		1000	+	915	-0.12	30339.01	6.5	13082.93	5.5
579.6071	17248.28	14	11	1.27		280	+	-199	-0.11	34185.82	6.5	16937.43	5.5
579.6276	17247.68	6	7	0.86		550	+	457	-0.05	33983.68	7.5	16735.95	6.5
579.6877	17245.89	4	4	1.00	nl	480	*						
580.0115	17236.26	4	4	1.00	nl	950	*						
580.0802	17234.22	6	5	1.20	nl b	620	*						
580.0832	17234.13	8	6	1.33	nl b	440	+						
580.1186	17233.08	4	3	1.33	nl	400	*						
580.7757	17213.58	9	7	1.29	nl	450	-						
580.8518	17211.32	4	3	1.33	nl	100	*						
581.1025	17203.90	8	8	1.00	nl b	1190	+	1149	-0.09	37772.62	9.5	20568.63	8.5
581.1043	17203.84	10	12	0.83	nl b	1480	*						
581.1585	17202.24	3	3	1.00	nl	250	+						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
581.2045	17200.88	7	6	1.17	nl b	680 +	592	-0.09	32331.28	9.5	15130.31	8.5
581.2067	17200.81	6	7	0.86	nl b	540 +						
581.2617	17199.19	15	14	1.07	nl b	750 -						
581.3045	17197.92	49	42	1.17	b	940 +	728	-0.09	28887.78	10.5	11689.77	9.5
581.3178	17197.53	82	66	1.24	b	420 +	204	-0.03	30280.49	5.5	13082.93	5.5
581.3862	17195.50	5	4	1.25	nl	670 -						
581.5167	17191.64	15	16	0.94	nl	1250 -						
582.0217	17176.73	32	26	1.23	nl	460 -						
582.1924	17171.69	94	83	1.13		580 -	-426	0.05	28861.41	8.5	11689.77	9.5
582.4415	17164.35	7	7	1.00	nl b	970 -	-869	0.03	25591.43	7.5	8427.11	7.5
582.4775	17163.29	12	9	1.33	nl	95 *	19	-0.01	35919.52	7.5	18756.22	7.5
582.6297	17158.80	110	97	1.13		950 +	858	-0.13	28481.24	10.5	11322.31	10.5
582.6802	17157.32	22	21	1.05	nl	160 *						
583.1407	17143.77	8	8	1.00	b	1060 -	-1221	-0.17	36011.48	5.5	18867.54	6.5
583.1689	17142.94	4	4	1.00	nl b	480 *						
583.2370	17140.94	6	6	1.00	nl	600 +	513	-0.08	26288.10	6.5	9147.08	6.5
583.4762	17133.91	4	3	1.33	nl b	600 +						
583.5837	17130.75	26	25	1.04	nl	1500 +						
583.6317	17129.34	16	17	0.94	nl	520 +						
583.8987	17121.51	23	19	1.21	nl b	420 +						
583.9117	17121.13	84	89	0.94	nl b	380 *						
584.1376	17114.51	12	11	1.09	nl b	120 +	-61	-0.03	33268.75	8.5	16154.21	7.5
584.1577	17113.92	15	15	1.00	nl b	960 -						
584.3327	17108.80	20	16	1.25	nl	700 -						
584.6132	17100.59	4	3	1.33	nl	400 +						
584.6504	17099.50	4	3	1.33	nl	410 *						
584.6804	17098.62	5	5	1.00	nl	160 -						
584.6919	17098.28	42	32	1.31	nl	370 -	-297	0.08	33808.02	7.5	16709.82	8.5
584.9472	17090.82	9	10	0.90	nl	160 *						
585.2869	17080.90	71	93	0.76		220 -	-138	-0.02	22500.62	7.5	5419.70	6.5
585.3642	17078.65	130	130	1.00	nl	500 +	-278	-0.02	26225.75	6.5	9147.08	6.5
585.5607	17072.92	6	7	0.86	nl	710 -						
585.5916	17072.02	4	5	0.80	nl	740 *	656	-0.05	33808.02	7.5	16735.95	6.5
585.6307	17070.88	73	60	1.22		340 +	226	-0.05	28393.24	9.5	11322.31	10.5
585.7407	17067.67	5	5	1.00	nl	600 -						
585.8944	17063.19	38	30	1.27		150 +	-60	-0.03	30146.15	5.5	13082.93	5.5
586.0242	17059.41	5888	5170	1.14		680 -	-587	0.06	17059.35	6.5	0.00	7.5
586.0462	17058.77	30	35	0.86	nl	240 -						
586.1629	17055.38	31	32	0.97		1000 +	902	-0.16	38124.76	8.5	21069.22	7.5
586.2427	17053.05	3	3	1.00	nl b	560 +						
586.6597	17040.93	4	3	1.33	nl	410 -						
586.8617	17035.07	4	3	1.33	nl	940 +						
586.8979	17034.02	13	13	1.00	nl b	210 +						
586.9067	17033.76	44	41	1.07	nl b	570 -						
586.9583	17032.26	4	3	1.33	nl	100 *						
586.9771	17031.72	3	3	1.00	nl	160 *						
587.0835	17028.63	1830	1650	1.11		110 *	-27	-0.04	26770.17	9.5	9741.50	9.5
587.1995	17025.27	13	14	0.93	nl b	790 +						
587.2362	17024.20	5	6	0.83	nl	190 *						
587.7486	17009.36	8	6	1.33	nl	540 -						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
587.7901	17008.16	4	3	1.33	nl	220	+						
587.8997	17004.99	5	4	1.25	nl b	1110	*						
587.9202	17004.40	4	3	1.33	nl b	180	+						
588.2678	16994.35	158	138	1.14		380	-	-196	0.01	22414.04	6.5	5419.70	6.5
588.2981	16993.47	1331	1125	1.18		760	-	-674	0.03	22413.14	5.5	5419.70	6.5
588.4107	16990.22	59	47	1.26	nl	470	-						
588.4753	16988.36	4	4	1.00	nl b	650	+	647	0.02	30071.27	4.5	13082.93	5.5
588.6747	16982.60	8	6	1.33	nl	420	-						
588.6862	16982.27	6	6	1.00	nl	200	-						
588.7602	16980.14	368	342	1.08		430	+	-153	0.00	26127.22	6.5	9147.08	6.5
588.8032	16978.90	13	10	1.30	nl b	1100	-						
588.8167	16978.51	13	10	1.30	nl b	640	*						
588.9197	16975.54	25	22	1.14	nl	930	+						
589.0237	16972.54	4	3	1.33	nl	610	+						
589.2536	16965.92	429	355	1.21		940	+	850	-0.07	25571.15	6.5	8605.16	5.5
589.3217	16963.96	8	7	1.14	nl	370	*						
589.3797	16962.29	8	6	1.33	nl	120	-						
589.4742	16959.57	8	6	1.33	nl b	890	-						
589.4767	16959.50	8	8	1.00	nl b	1050	-						
589.5421	16957.62	5	4	1.25	nl b	360	*						
589.5527	16957.31	7	6	1.17	nl b	1070	-						
589.6322	16955.03	5	5	1.00	nl	150	-						
589.9961	16944.57	153	122	1.25		910	+	793	0.11	27640.21	5.5	10695.75	4.5
590.0407	16943.29	3	3	1.00	nl	520	*						
590.0932	16941.78	6	6	1.00	nl	1090	-						
590.1610	16939.83	3	3	1.00	nl	660	-						
590.2940	16936.02	5	4	1.25	nl	340	+	229	-0.06	35692.30	8.5	18756.22	7.5
590.3787	16933.59	44	35	1.26	nl	790	+						
590.4688	16931.00	6	6	1.00	nl	370	-	-147	0.00	39345.04	5.5	22414.04	6.5
590.7439	16923.12	17	16	1.06	nl b	440	*						
590.7441	16923.11	21	19	1.11	nl b	600	+						
590.9374	16917.58	22	21	1.05	nl	140	-	42	0.00	37233.47	7.5	20315.89	8.5
591.0077	16915.57	55	44	1.25	nl	140	*						
591.0437	16914.54	9	7	1.29	nl	460	-						
591.3667	16905.30	16	19	0.84	nl	340	-						
591.4917	16901.72	4	3	1.33	nl	510	+						
591.6155	16898.19	54	41	1.32		520	*	254	0.02	25503.33	5.5	8605.16	5.5
591.6819	16896.29	6	6	1.00	nl b	470	+	411	-0.03	26637.82	8.5	9741.50	9.5
591.6825	16896.27	6	5	1.20	nl b	380	*						
591.7507	16894.33	27	26	1.04	nl	190	-						
591.8329	16891.98	3	3	1.00	nl	280	*						
591.9643	16888.23	4	4	1.00	nl	360	-						
592.0052	16887.06	8	6	1.33	nl b	770	-						
592.0117	16886.88	9	9	1.00	nl b	910	-						
592.1709	16882.34	3942	3265	1.21		710	-	-601	0.06	16882.28	7.5	0.00	7.5
592.2778	16879.29	74	60	1.23		880	-	-789	-0.05	27575.09	3.5	10695.75	4.5
592.3483	16877.28	3	3	1.00	nl b	500	*						
592.3801	16876.38	9	7	1.29	nl	300	+	34	-0.06	26023.52	7.5	9147.08	6.5
592.8667	16862.52	53	42	1.26	nl	770	-	-692	0.07	29207.00	5.5	12344.55	6.5
592.9155	16861.14	234	192	1.22	b	110	*	-24	-0.01	27556.90	4.5	10695.75	4.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
592.9287	16860.76	10	9	1.11	nl b	150 *						
593.1549	16854.33	378	320	1.18	nl	90 *	3	0.02	31984.62	8.5	15130.31	8.5
593.2669	16851.15	9	12	0.75		610 -	-454	0.05	33005.31	7.5	16154.21	7.5
593.3577	16848.57	50	30	1.67	nl b	180 +	83	0.01	31984.62	8.5	15136.06	7.5
593.3630	16848.42	435	340	1.28	b	900 -	-793	0.09	25453.49	4.5	8605.16	5.5
593.8408	16834.86	13	13	1.00	nl	550 +	456	-0.07	36895.69	6.5	20060.76	5.5
593.9795	16830.93	8	9	0.89	nl b	480 -						
593.9827	16830.84	8	9	0.89	nl b	340 +						
594.4988	16816.23	12			bNe	620 -	-558	0.06	32671.45	7.5	15855.28	7.5
594.6144	16812.96	5	6	0.83	nl	380 *						
594.6583	16811.72	5	4	1.25	nl	860 -						
594.8072	16807.51	1523	1344	1.13		1000 +	928	-0.13	22227.34	7.5	5419.70	6.5
594.8507	16806.28	95	78	1.22	nl	810 -						
594.9304	16804.03	125	105	1.19	nl	240 +	82	0.12	33523.53	5.5	16719.62	4.5
595.3367	16792.57	5	6	0.83	nl b	460 *						
595.3797	16791.35	43	38	1.13	nl	1030 +	934	-0.12	28481.24	10.5	11689.77	9.5
595.5116	16787.63	5	5	1.00	nl b	320 *	222	0.01	33523.57	7.5	16735.95	6.5
595.5139	16787.57	5	5	1.00	nl b	300 *	303	-0.01	33523.53	5.5	16735.95	6.5
595.5964	16785.24	2100	1766	1.19	b	100 *	10	0.01	28315.79	7.5	11530.56	8.5
595.5970	16785.23	2100	1766	1.19	b	100 *	22	0.00	28315.79	8.5	11530.56	8.5
595.6307	16784.28	8	7	1.14	nl	930 +						
595.6734	16783.07	7	6	1.17	nl b	320 -	-147	-0.03	35434.63	6.5	18651.53	7.5
595.8529	16778.02	82	73	1.12	nl	400 -	-324	0.03	22197.69	5.5	5419.70	6.5
595.9317	16775.80	8	7	1.14	nl	400 +						
595.9477	16775.35	8	7	1.14	nl b	630 +						
595.9607	16774.98	4	3	1.33	nl b	890 +	842	0.06	37388.72	8.5	20613.80	8.5
596.0806	16771.61	29	24	1.21	nl	860 -	-779	0.06	29116.10	5.5	12344.55	6.5
596.2687	16766.32	41	46	0.89	nl	1060 +						
596.3237	16764.77	4	3	1.33	nl b	100 +						
596.3292	16764.62	3	3	1.00	nl b	530 -						
596.3482	16764.08	4	4	1.00	nl	500 -						
596.4005	16762.61	9	13	0.69	nl	150 -	-102	0.10	40648.25	8.5	23885.74	8.5
596.5198	16759.26	60	50	1.20	nl	550 +	431	-0.07	29842.26	6.5	13082.93	5.5
596.5974	16757.08	4	3	1.33		110 *	43	0.05	33466.85	8.5	16709.82	8.5
596.7892	16751.69	5	5	1.00	nl b	670 +						
596.9874	16746.13	7	5	1.40	nl	110 *	48	-0.09	38124.76	8.5	21378.54	8.5
597.0307	16744.92	16	18	0.89	nl	150 *						
597.0431	16744.57	5	4	1.25	nl	460 *						
597.0857	16743.38	64	53	1.21	nl	970 -						
597.1292	16742.16	128	112	1.14		820 -	-729	0.04	29086.67	7.5	12344.55	6.5
597.1837	16740.63	8	6	1.33	nl	1080 -						
597.2190	16739.64	22	22	1.00	nl	630 +	506	-0.07	37233.47	7.5	20493.76	6.5
597.2713	16738.17	1150	1075	1.07		480 -	-346	-0.01	22157.88	6.5	5419.70	6.5
597.3502	16735.96	9062	6910	1.31		140 -	-58	0.01	16735.95	6.5	0.00	7.5
597.3877	16734.91	8	6	1.33	nl	150 -						
597.4037	16734.46	5	5	1.00	nl	340 +						
597.4197	16734.02	5	5	1.00	nl	180 -						
597.4897	16732.06	5	6	0.83	nl	350 +						
597.6827	16726.65	5	5	1.00	nl	1350 -						
597.7517	16724.72	9	7	1.29	nl	620 +						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanim	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l	
598.0804	16715.53	5	5	1.00	nl	470	+						
598.1443	16713.74	207	176	1.18		450	-	-229	0.01	28244.29	8.5	11530.56	8.5
598.2894	16709.69	10290	8500	1.21		990	+	894	-0.13	16709.82	8.5	0.00	7.5
598.5130	16703.45	19	16	1.19		470	+	286	-0.02	28393.24	9.5	11689.77	9.5
598.7007	16698.21	8	6	1.33	nl	200	+						
599.1457	16685.81	6	6	1.00	nl	530	-						
599.3419	16680.35	6	5	1.20	nl b	1600	-	-1524	0.15	31816.26	6.5	15136.06	7.5
599.3567	16679.94	5	5	1.00	nl b	310	*						
599.5483	16674.60	4	3	1.33	nl b	140	*						
599.5757	16673.84	7	6	1.17	nl	100	+						
599.5875	16673.51	9	11	0.82	nl	520	+						
599.7547	16668.87	39	34	1.15	nl	580	-						
599.9444	16663.60	9	10	0.90	nl	170	-						
599.9749	16662.75	31	27	1.15		190	+	107	0.00	31793.06	8.5	15130.31	8.5
600.1832	16656.97	14	12	1.17	nl b	440	+	187	-0.03	31793.06	8.5	15136.06	7.5
600.2023	16656.43	1242	986	1.26	b	110	*	-23	0.04	25261.55	5.5	8605.16	5.5
600.2228	16655.87	7	6	1.17	b	250	-	177	-0.05	35514.11	5.5	18858.19	6.5
600.2362	16655.50	25	22	1.14	nl	180	-						
600.3072	16653.53	4	3	1.33	nl	510	-	-431	0.04	33091.50	7.5	16438.01	8.5
600.6926	16642.84	11	11	1.00	nl	1030	-	-940	0.14	36958.59	7.5	20315.89	8.5
600.7377	16641.59	15	13	1.15	nl	390	-						
600.7777	16640.48	5	4	1.25	nl	450	+						
601.2897	16626.31	65	55	1.18	nl	350	-	-214	0.03	31707.40	5.5	15081.12	6.5
601.5296	16619.68	8	8	1.00	nl	420	-	-334	0.01	37233.47	7.5	20613.80	8.5
601.5472	16619.20	5	4	1.25	nl	320	*						
602.1132	16603.57	19	21	0.90	nl b	910	+						
602.1227	16603.31	14	16	0.88	b	670	+	604	0.13	36663.94	6.5	20060.76	5.5
602.1566	16602.38	5	4	1.25	b	950	+	897	0.00	36726.65	9.5	20124.27	9.5
602.4407	16594.55	7	7	1.00	nl	340	-						
602.4697	16593.75	9	7	1.29	nl	400	*						
602.5677	16591.05	11	8	1.38	nl	470	*						
602.7801	16585.20	7	6	1.17	nl	170	+	-89	-0.03	33268.75	8.5	16683.52	9.5
603.2286	16572.87	6	5	1.20	nl b	810	+						
603.4299	16567.35	4	3	1.33	nl b	530	-	-468	0.05	33005.31	7.5	16438.01	8.5
603.4861	16565.80	8	7	1.14	nl b	440	+	195	0.00	40151.13	7.5	23585.33	6.5
603.4922	16565.64	8	7	1.14	nl b	500	+						
603.7922	16557.40	4	4	1.00	nl b	910	*						
603.8959	16554.56	92	79	1.16		510	*	-316	0.04	28244.29	8.5	11689.77	9.5
604.1117	16548.65	10	9	1.11	nl b	670	+						
604.1189	16548.45	4	4	1.00	nl b	380	*						
604.2815	16544.00	86	68	1.26		410	-	-186	0.01	29638.41	4.5	13094.42	4.5
604.4742	16538.72	5	6	0.83	nl b	920	+						
604.4827	16538.49	7	6	1.17	nl b	850	+						
604.9277	16526.33	7	7	1.00	nl b	390	+						
604.9420	16525.93	5	5	1.00	nl b	580	-						
605.0718	16522.39	190	169	1.12	b	320	+	-217	0.02	28861.41	8.5	12339.04	7.5
605.0757	16522.28	16	15	1.07	nl b	1320	+						
605.1152	16521.20	4	3	1.33	nl	120	-						
605.1857	16519.28	46	38	1.21	nl	730	-						
605.2591	16517.28	9	7	1.29		210	-	-113	0.04	32671.45	7.5	16154.21	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
605.3027	16516.09	23	28	0.82	nl b	440 -	-354	-0.06	36726.65	9.5	20210.50	10.5
605.3104	16515.88	42	46	0.91	nl b	160 -	45	-0.01	40101.22	7.5	23585.33	6.5
605.3412	16515.04	8	7	1.14	nl	190 -						
606.2939	16489.08	68	56	1.21	nl	640 +	542	0.01	39700.28	9.5	23211.21	9.5
606.3257	16488.22	6	5	1.20	nl	740 -						
606.4017	16486.15	11	8	1.38	nl	140 *						
606.7349	16477.10	3	3	1.00	nl	300 -						
606.7927	16475.53	100	87	1.15	nl	1110 +						
607.0252	16469.22	4	3	1.33	nl	510 +						
607.1637	16465.46	6	7	0.86	nl	250 -						
607.1845	16464.90	7	9	0.78	nl	540 -	-466	0.07	36958.59	7.5	20493.76	6.5
607.2983	16461.81	30	24	1.25	nl	720 -	-621	0.04	29544.70	4.5	13082.93	5.5
607.4005	16459.04	8	11	0.73	nl b	140 +	56	-0.03	31540.19	7.5	15081.12	6.5
607.6793	16451.49	8	5	1.60	nl b	400 +	-259	0.00	40270.03	8.5	23818.54	7.5
607.8414	16447.11	3	3	1.00	nl	640 +	578	0.09	37664.13	8.5	21217.11	9.5
608.1788	16437.98	5990	5375	1.11		440 *	207	-0.03	16438.01	8.5	0.00	7.5
608.4583	16430.43	3	3	1.00	nl	360 +						
608.9672	16416.70	5	5	1.00	nl b	390 *						
608.9687	16416.66	6	5	1.20	nl b	920 +						
609.2205	16409.87	5	3	1.67	nl b	230 +	-171	-0.01	31540.19	7.5	15130.31	8.5
609.4028	16404.97	7	6	1.17	nl b	140 -						
609.4325	16404.17	8	8	1.00	nl	310 -	-102	0.04	31540.19	7.5	15136.06	7.5
609.5111	16402.05	18	20	0.90	b	140 -	-94	-0.02	26143.57	8.5	9741.50	9.5
609.5117	16402.04	285	269	1.06	nl b	170 +						
609.8281	16393.53	13	11	1.18	nl b	1320 -						
609.8647	16392.54	122	99	1.23	b	880 +	797	-0.08	27923.18	8.5	11530.56	8.5
610.0362	16387.93	10	8	1.25	nl b	770 -						
610.0489	16387.59	9	10	0.90	nl b	100 *						
610.1717	16384.29	43	51	0.84	nl	140 +	58	0.00	40270.03	8.5	23885.74	8.5
610.3458	16379.62	6	5	1.20	nl	350 -	-269	0.11	40265.25	7.5	23885.74	8.5
610.5163	16375.05	140	120	1.17	nl	1440 +	1348	-0.20	27697.56	11.5	11322.31	10.5
610.6417	16371.68	172	144	1.19	nl	160 *						
610.8267	16366.73	12	10	1.20	nl b	490 -						
610.8497	16366.11	5	5	1.00	nl b	800 -						
611.0008	16362.06	9	10	0.90	nl b	540 +	472	-0.08	31443.26	7.5	15081.12	6.5
611.0232	16361.46	9	9	1.00	nl b	1200 -						
611.2445	16355.54	4	3	1.33	nl	220 -	-196	-0.01	33091.50	7.5	16735.95	6.5
611.5058	16348.55	275	186	1.48		720 +	647	-0.12	27670.98	9.5	11322.31	10.5
611.6403	16344.95	7	8	0.88	nl	1370 -	-1295	0.16	36958.59	7.5	20613.80	8.5
611.6812	16343.86	8	7	1.14	nl b	90 *						
611.6827	16343.82	6	5	1.20	nl b	460 *						
611.7932	16340.87	4	3	1.33	nl	440 *						
611.8533	16339.26	9	7	1.29	nl	370 -	-192	0.05	29422.14	4.5	13082.93	5.5
611.9102	16337.75	4	3	1.33	nl	280 *						
611.9877	16335.68	8	9	0.89	nl	220 +						
612.0457	16334.13	17	18	0.94	nl	720 -						
612.1897	16330.29	7	6	1.17	nl b	700 -						
612.2127	16329.67	3	3	1.00	nl	590 +						
612.2457	16328.79	3	3	1.00	nl	570 *						
612.3077	16327.14	45	38	1.18	nl	840 +						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
612.4799	16322.55	5	5	1.00	nl	310	*						
612.5377	16321.01	4	4	1.00	nl b	700	+						
612.8408	16312.94	16	18	0.89	nl	470	-	-334	0.04	31394.02	5.5	15081.12	6.5
613.1262	16305.34	3	3	1.00	nl	260	*						
613.1907	16303.63	7	6	1.17	nl b	840	-						
613.2527	16301.98	4	3	1.33	nl	1290	+						
613.2909	16300.96	16	13	1.23	nl	150	-						
613.3032	16300.64	3	3	1.00	nl	250	-						
613.3535	16299.30	1126	973	1.16	b	1290	+	1189	-0.04	24678.25	9.5	8378.91	8.5
613.3959	16298.17	74	68	1.09	nl b	1050	-	-982	-0.07	28642.79	6.5	12344.55	6.5
613.4528	16296.66	29	29	1.00	nl	140	-	-80	-0.07	38320.93	7.5	22024.20	6.5
613.4979	16295.46	4	3	1.33	nl	1270	-	-1192	-0.03	33005.31	7.5	16709.82	8.5
613.6880	16290.42	7	6	1.17	nl	280	-	-200	0.09	40648.25	8.5	24357.92	7.5
613.7727	16288.17	5	4	1.25	nl	310	-						
613.7942	16287.60	11	8	1.38	nl b	550	+						
614.1237	16278.86	10	10	1.00	nl	1220	-						
614.5587	16267.34	4	4	1.00	nl	250	*						
614.6307	16265.43	5	6	0.83	nl	520	*	446	0.04	40151.13	7.5	23885.74	8.5
614.8990	16258.33	7	6	1.17	nl	435	*	-274	-0.01	31339.46	7.5	15081.12	6.5
615.0697	16253.82	4	3	1.33	nl	710	*						
615.1477	16251.76	4	4	1.00	nl	620	*						
615.4395	16244.06	21	17	1.24	nl	530	-	-410	0.08	31380.04	6.5	15136.06	7.5
615.4577	16243.58	13	16	0.81	nl	460	+						
615.5240	16241.83	6	5	1.20	nl b	1480	-						
615.5265	16241.76	6	5	1.20	nl b	370	+	206	-0.13	29324.82	6.5	13082.93	5.5
615.5662	16240.71	4	4	1.00	nl	640	*						
615.6443	16238.65	656	656	1.00	nc	1360	+	1282	-0.2	25980.35	10.5	9741.50	9.5
615.8452	16233.35	189	151	1.25		780	+	695	-0.06	27923.18	8.5	11689.77	9.5
616.1505	16225.31	10	7	1.43		410	-	-251	0.04	24830.43	5.5	8605.16	5.5
616.2688	16222.20	237	210	1.13	nl	610	-	-514	0.06	28561.18	7.5	12339.04	7.5
616.4788	16216.67	23	21	1.10	nl	590	-	-493	0.04	28561.18	7.5	12344.55	6.5
616.5205	16215.57	6	6	1.00	nl b	500	*						
616.5239	16215.48	8	9	0.89	nl b	380	-	322	0.00	40101.22	7.5	23885.74	8.5
616.7637	16209.18	14	15	0.93	nl	530	-	368	-0.04	33091.50	7.5	16882.28	7.5
616.9527	16204.21	11	10	1.10	nl b	850	+						
616.9822	16203.44	14	13	1.08	nl b	510	-	-429	0.04	31339.46	7.5	15136.06	7.5
617.1862	16198.08	3	3	1.00	nl	170	-						
617.4610	16190.87	22	20	1.10	nl	520	-	-368	-0.04	31272.03	6.5	15081.12	6.5
617.7912	16182.22	8	9	0.89	nl b	200	+						
617.9817	16177.23	12	12	1.00	nl b	550	*						
617.9937	16176.92	12	12	1.00	nl b	760	+						
618.3489	16167.62	371	340	1.09	nl	720	+	638	-0.02	24594.75	6.5	8427.11	7.5
618.4440	16165.14	62	52	1.19		640	+	450	-0.05	21584.89	6.5	5419.70	6.5
618.4696	16164.47	4	5	0.80	nl b	120	-	-80	0.01	34502.26	9.5	18337.80	8.5
618.4798	16164.20	4	5	0.80	nl b	590	+	523	-0.05	37233.47	7.5	21069.22	7.5
618.7788	16156.39	25	23	1.09		150	*	88	0.01	31286.69	8.5	15130.31	8.5
618.8330	16154.98	3	2	1.50		340	-	-439	0.01	24760.13	6.5	8605.16	5.5
618.8635	16154.18	27	20	1.35		430	*	186	-0.03	16154.21	7.5	0.00	7.5
619.1050	16147.88	5	4	1.25	nl	890	+	793	-0.08	27470.27	9.5	11322.31	10.5
619.1402	16146.96	3	3	1.00	nl	160	-						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanim	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
619.1515	16146.67	3	3	1.00	nl	250	-						
619.3472	16141.57	6	6	1.00	nl	130	+						
619.3966	16140.28	56	46	1.22		880	+	810	-0.14	27670.98	9.5	11530.56	8.5
619.4977	16137.65	6	6	1.00	nl	450	*						
619.5614	16135.99	8	8	1.00	nl b	580	-	-523	0.02	31272.03	6.5	15136.06	7.5
619.5795	16135.51	4	3	1.33	nl b	450	*						
619.9385	16126.17	15	12	1.25	nl	240	-						
623.4122	16036.32	4	5	0.80		1290	+	1206	-0.18	27358.81	10.5	11322.31	10.5
651.0728	15355.02	17	16	1.06	nl	150	+	88	-0.03	31793.06	8.5	16438.01	8.5
651.5248	15344.37	91	58	1.57	nc	420	*	120	0.13	26039.99	4.5	10695.75	4.5
652.9677	15310.46	10	9	1.11		590	+	346	-0.01	27649.51	7.5	12339.04	7.5
653.1425	15306.37	7	6	1.17	nl	345	*						
653.3674	15301.10	10	11	0.91	nl	90	+	-24	0.00	31984.62	8.5	16683.52	9.5
653.7127	15293.02	6	6	1.00	nl	230	*						
653.8462	15289.89	3	3	1.00	nl	150	-						
653.8829	15289.03	18	17	1.06	nl b	460	+	240	-0.02	31443.26	7.5	16154.21	7.5
653.8928	15288.80	20	18	1.11	nc b	290	-	-115	-0.09	36873.78	6.5	21584.89	6.5
654.2374	15280.75	12	12	1.00	nl b	440	*						
654.2399	15280.69	9	7	1.29	nl b	900	+						
654.4487	15275.82	3	3	1.00	nl	160	*						
654.4835	15275.00	13	12	1.08	nl b	490	+						
654.4881	15274.90	6	4	1.50	nl b	790	-	-704	0.10	31984.62	8.5	16709.82	8.5
654.6631	15270.81	8	8	1.00	nl	390	*	125	-0.05	39156.60	9.5	23885.74	8.5
655.0924	15260.81	394	330	1.19		1180	+	1098	-0.13	31116.22	8.5	15855.28	7.5
655.4817	15251.74	20	19	1.05	nl	230	-						
655.6907	15246.88	4	3	1.33	nl	520	*						
656.0058	15239.56	413	370	1.12	nc	135	+	82	-0.05	26770.17	9.5	11530.56	8.5
656.5227	15227.56	9	7	1.29	nl	270	-						
656.8087	15220.93	18	16	1.13	nl	235	-						
656.8770	15219.35	3	2	1.50	nl	120	*	113	0.00	37233.47	7.5	22014.12	7.5
657.1441	15213.16	10	12	0.83	nl	300	-						
657.3131	15209.25	3	3	1.00	nl b	270	+	121	-0.02	37233.47	7.5	22024.20	6.5
657.3150	15209.21	4	3	1.33	nl b	180	+	-3	0.16	37623.09	7.5	22414.04	6.5
657.7404	15199.37	55	43	1.28	nl	290	-	193	0.00	30280.49	5.5	15081.12	6.5
657.7797	15198.46	5	4	1.25	nl	400	*						
657.8343	15197.20	35	31	1.13	nl	135	*	-37	0.02	30327.49	8.5	15130.31	8.5
658.0845	15191.42	132	114	1.16	nl	90	+	43	-0.01	30327.49	8.5	15136.06	7.5
658.2660	15187.23	13	12	1.08	nl	860	-	-762	0.07	31042.44	7.5	15855.28	7.5
658.3270	15185.82	14	14	1.00	nl b	100	+	26	-0.09	39071.65	8.5	23885.74	8.5
658.3498	15185.30	21	19	1.11	nl b	615	-	-505	0.05	31339.46	7.5	16154.21	7.5
658.5817	15179.95	4	4	1.00	nl	990	+						
659.0542	15169.07	8	6	1.33	nl	1250	-						
659.3708	15161.79	4	3	1.33	nl	480	+	320	-0.05	30242.96	7.5	15081.12	6.5
659.4367	15160.27	25	21	1.19	nl	135	*						
659.5237	15158.27	4	3	1.33	nl	350	-						
660.0499	15146.19	49	49	1.00	nc b	1270	+	1192	-0.15	36731.23	7.5	21584.89	6.5
660.0602	15145.95	36	28	1.29	nl b	580	*						
660.4926	15136.04	22940	7000	1.35		365	+	110	-0.02	15136.06	7.5	0.00	7.5
660.5795	15134.04	40	32	1.25	nl	695	+	638	-0.08	26664.68	8.5	11530.56	8.5
660.7449	15130.26	3290	2368	1.39	nc	425	*	188	-0.05	15130.31	8.5	0.00	7.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l
661.2875	15117.84	29	27	1.07	nl	675 -	-599	0.02	31272.03	6.5	16154.21	7.5
661.5389	15112.10	3	3	1.00	nl	260 *						
661.6518	15109.52	7	6	1.17	nl	140 *	80	-0.02	31793.06	8.5	16683.52	9.5
661.7526	15107.21	63	56	1.13	nl	690 +	531	-0.05	26637.82	8.5	11530.56	8.5
661.9699	15102.26	4	3	1.33	nl b	820 +	792	-0.08	31984.62	8.5	16882.28	7.5
661.9722	15102.20	5	4	1.25	nl b	330 *	200	0.02	31540.19	7.5	16438.01	8.5
662.6565	15086.61	5	4	1.25	nl	125 *						
662.8009	15083.32	7	5	1.40	nl b	675 -	-599	0.08	31793.06	8.5	16709.82	8.5
662.8318	15082.62	215	190	1.13		160 -						
662.8966	15081.14	15770	1520	1.37	nc b	130 -	-46	0.02	15081.12	6.5	0.00	7.5
662.9085	15080.87	36	43	0.84	nl b	100 *	46	0.03	38966.58	7.5	23885.74	8.5
662.9303	15080.38	586	538	1.09	nl	100 *	-62	-0.02	26770.17	9.5	11689.77	9.5
662.9607	15079.69	8	6	1.33	nl b	360 *						
663.0386	15077.91	5	4	1.25	nl	940 *						
663.1657	15075.03	3	3	1.00	nl	385 +						
663.1832	15074.63	5	4	1.25	nl	360 +						
663.2233	15073.71	848	707	1.20		170 *	-120	0.01	20493.40	5.5	5419.70	6.5
663.2485	15073.14	5	5	1.00	nl	210 +						
663.6063	15065.02	11	9	1.22	nl	160 -	-90	-0.01	30146.15	5.5	15081.12	6.5
664.4417	15046.08	5	5	1.00	nl b	930 +						
664.4565	15045.74	4	4	1.00	nl b	630 +	533	0.07	37438.53	5.5	22392.86	6.5
664.4615	15045.63	4	4	1.00	nl b	540 *						
665.2987	15026.69	9	11	0.82	nl	570 +						
665.4249	15023.84	7	7	1.00	nl	140 *	12	-0.03	38966.58	7.5	23942.71	6.5
665.5396	15021.25	3	3	1.00	nl	300 *						
665.9732	15011.47	4	4	1.00	nl	390 *						
666.2507	15005.22	86	79	1.09	nc b	198 +	248	-0.03	31443.26	7.5	16438.01	8.5
666.2643	15004.92	85	80	1.06	nl b	580 +	508	-0.08	30135.31	8.5	15130.31	8.5
666.5180	14999.20	19	16	1.19	nl	710 +	571	-0.05	30135.31	8.5	15136.06	7.5
666.9807	14988.80	5	5	1.00	nl	955 +						
667.0289	14987.72	8	8	1.00	nl	220 +	-142	-0.06	31707.40	5.5	16719.62	4.5
667.6016	14974.86	35	31	1.13	nl	650 +	550	-0.05	26664.68	8.5	11689.77	9.5
668.0476	14964.86	275	220	1.25		860 +	781	-0.10	24112.04	7.5	9147.08	6.5
668.1822	14961.85	145	122	1.19	nc	1620 +	1549	-0.16	31116.22	8.5	16154.21	7.5
668.6828	14950.65	15	14	1.07		600 -	-518	0.03	30805.90	8.5	15855.28	7.5
668.7194	14949.83	10	10	1.00	nl b	710 +	680	-0.11	26480.50	8.5	11530.56	8.5
668.7913	14948.22	18	14	1.29	nl b	140 *	48	-0.02	30029.36	6.5	15081.12	6.5
668.8021	14947.98	12	10	1.20	nl b	470 +	387	-0.07	26637.82	8.5	11689.77	9.5
668.8587	14946.71	20	17	1.18	nl	970 -						
669.3056	14936.73	52	45	1.16	nl	1180 +	1117	-0.02	24678.25	9.5	9741.50	9.5
669.4264	14934.04	397	365	1.09		895 -	-815	0.06	31816.26	6.5	16882.28	7.5
669.7795	14926.17	21	16	1.31	nl	135 *	76	0.01	26456.72	7.5	11530.56	8.5
669.9527	14922.31	25	22	1.14	nl	1075 +						
670.0120	14920.99	22	24	0.92	nl	115 *	21	0.01	38806.72	7.5	23885.74	8.5
670.0819	14919.43	6	4	1.50		240 +	-191	0.03	30049.71	9.5	15130.31	8.5
670.1297	14918.37	4	3	1.33		640 *	723	0.06	30773.59	7.5	15855.28	7.5
670.3508	14913.45	6	6	1.00	nl	410 +	360	-0.10	38124.76	8.5	23211.21	9.5
670.4757	14910.67	5	5	1.00	nl	950 +	897	-0.11	31793.06	8.5	16882.28	7.5
670.6747	14906.24	4	3	1.33	nl	80 *						
670.7047	14905.58	19	17	1.12	nl	390 *						

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanim	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>	
670.7648	14904.24	4	3	1.33	nl	1100	+						
670.9807	14899.45	9	8	1.13	nl	280	-						
671.0329	14898.29	6	4	1.50		915	+	839	-0.10	29979.51	7.5	15081.12	6.5
671.1312	14896.10	5	4	1.25	nl	375	*						
671.4843	14888.27	8	7	1.14	nl	540	-	-318	0.04	31042.44	7.5	16154.21	7.5
672.2222	14871.93	44	37	1.19	nc	1200	-	-1127	0.09	37029.70	5.5	22157.86	6.5
672.4187	14867.58	7	6	1.17	nl	470	+						
673.2521	14849.18	3	3	1.00		610	+	604	-0.02	29979.51	7.5	15130.31	8.5
673.2754	14848.66	4	4	1.00		110	+	69	-0.02	31286.69	8.5	16438.01	8.5
673.7354	14838.53	76	62	1.23		955	+	790	-0.04	20258.27	6.5	5419.70	6.5
674.0998	14830.50	61	44	1.39	nl	960	-	-885	0.13	31540.19	7.5	16709.82	8.5
674.1762	14828.82	5	4	1.25	nl	270	-						
674.5047	14821.60	1536	1170	1.31	b	165	*						
674.5051	14821.59	1536	1170	1.31	b	690	*	242	-0.02	20241.31	6.5	5419.70	6.5
674.9353	14812.15	4	3	1.33	nl	210	-						
675.0062	14810.59	7	7	1.00	nl b	1490	+	1429	-0.02	37404.14	6.5	22593.53	5.5
675.0063	14810.59	7	7	1.00	nl b	750	+						
675.1392	14807.67	15	10	1.50		525	+	384	0.09	25503.33	5.5	10695.75	4.5
675.2964	14804.23	14	11	1.27	nl	265	+	68	-0.01	31540.19	7.5	16735.95	6.5
675.6903	14795.60	4	3	1.33	nl	120	+	75	-0.03	23942.71	6.5	9147.08	6.5
676.6725	14774.12	448	291	1.54	b	340	*	-73	-0.03	23379.31	5.5	8605.16	5.5
676.8630	14769.96	4	3	1.33	nl	170	-	-163	-0.01	31707.40	5.5	16937.43	5.5
677.1127	14764.52	4	3	1.33	nl	260	-						
677.3622	14759.08	8	7	1.14	nl	705	+						
677.4592	14756.96	98	90	1.09		910	-	-834	0.05	31816.26	6.5	17059.35	6.5
677.5487	14755.01	4	3	1.33	nl	800	-						
677.6483	14752.85	30	25	1.20	nl	635	+	509	-0.08	29834.05	7.5	15081.12	6.5
678.3192	14738.25	4	4	1.00	nl	980	-						
678.3626	14737.31	4	4	1.00	nl	90	*						
678.5372	14733.52	278	266	1.05		570	-	-479	0.08	31443.26	7.5	16709.82	8.5
678.8367	14727.02	11	13	0.85	nl b	180	*						
678.8416	14726.91	11	13	0.85	nl b	725	-	-650	0.04	30582.15	8.5	15855.28	7.5
679.3514	14715.86	6	5	1.20	nl b	270	*						
679.3547	14715.79	6	5	1.20	nl b	840	+	687	-0.13	36873.78	6.5	22157.86	6.5
679.4527	14713.67	9	9	1.00	nl	345	-						
679.7971	14706.21	25	19	1.32	nl	340	*	260	0.01	29842.26	6.5	15136.06	7.5
679.9115	14703.74	31	27	1.15	nl	340	+	274	0.00	29834.05	7.5	15130.31	8.5
681.1016	14678.05	41	35	1.17		1590	+	1509	-0.16	31116.22	8.5	16438.01	8.5
681.2727	14674.36	10	10	1.00	nl b	380	*	-275	-0.04	31394.02	5.5	16719.62	4.5
681.2741	14674.33	9	10	0.90	nl b	370	*	-298	-0.07	31394.02	5.5	16719.62	4.5
681.5781	14667.78	38	40	0.95	nl b	640	+	400	-0.05	26198.39	7.5	11530.56	8.5
681.5868	14667.60	8	10	0.80	nl b	1180	-	-1111	0.09	33005.31	7.5	18337.80	8.5
681.8307	14662.35	8	6	1.33	nl	1410	+						
682.0339	14657.98	126	116	1.09	nl b	720	*						
682.0401	14657.85	118	115	1.03	b	1320	+	1228	-0.19	25980.35	10.5	11322.31	10.5
682.1654	14655.16	637	480	1.33		105	*	-2	-0.03	20074.89	7.5	5419.70	6.5
682.2925	14652.43	7	6	1.17	nl b	500	+						
682.3267	14651.69	11	12	0.92		145	+	-74	0.00	30805.90	8.5	16154.21	7.5
682.5709	14646.45	35	32	1.09	nc	655	-	-578	0.01	36873.78	6.5	22227.34	7.5
682.6793	14644.13	5	4	1.25	nl b	360	-	-215	0.04	31380.04	6.5	16735.95	6.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	<i>E_u</i> (cm ⁻¹)	<i>J_u</i>	<i>E_l</i> (cm ⁻¹)	<i>J_l</i>
682.8070	14641.39	56	46	1.22		130 +	86	-0.04	27724.36	6.5	13082.93	5.5
683.3484	14629.79	39	36	1.08	nl	1300 -	-1215	0.15	31339.46	7.5	16709.82	8.5
683.9375	14617.18	10	8	1.25	nl	145 *	69	-0.04	33268.75	8.5	18651.53	7.5
683.9641	14616.62	14	11	1.27	nl	870 -	-788	0.06	37029.70	5.5	22413.14	5.5
684.1341	14612.98	298	270	1.10		90 *	15	-0.03	26143.57	8.5	11530.56	8.5
684.3361	14608.67	3	3	1.00	nl	60 *	-26	0.01	38966.58	7.5	24357.92	7.5
684.5330	14604.47	4	5	0.80	nl	515 -	-342	0.04	31042.44	7.5	16438.01	8.5
684.5780	14603.51	7	6	1.17	nl	330 *	-262	0.00	31339.46	7.5	16735.95	6.5
685.8253	14576.95	6	6	1.00		680 -	-616	0.08	31286.69	8.5	16709.82	8.5
686.0032	14573.17	14	14	1.00	nl	2030 +	1982	-0.2	36731.23	7.5	22157.86	6.5
686.3448	14565.92	8	6	1.33	nl	290 +	108	0.12	25261.55	5.5	10695.75	4.5
686.5827	14560.87	89	74	1.20		1110 +	1026	-0.11	31443.26	7.5	16882.28	7.5
687.2836	14546.02	7	7	1.00	nl b	820 -						
687.2865	14545.96	4	3	1.33	nl b	1200 +	1105	0.17	27640.21	5.5	13094.42	4.5
687.7146	14536.90	4	4	1.00	nl	650 *						
688.3386	14523.73	14	13	1.08	b	540 +						
688.3416	14523.66	12	12	1.00	nl b	520 *						
688.5396	14519.49	5	5	1.00	nl	720 -						
689.1676	14506.26	10	8	1.25	nl	770 -						
689.2836	14503.81	31	26	1.19	nc	1020 +	737	-0.08	36731.23	7.5	22227.34	7.5
689.6596	14495.91	5	5	1.00	nl	1900 *						
689.7998	14492.96	342	320	1.07	nc	450 -	-101	0.00	26023.52	7.5	11530.56	8.5
690.0168	14488.40	5	4	1.25	nl	450 +	212	0.04	30280.49	5.5	15792.13	5.5
690.2412	14483.69	3	4	0.75	nl	260 -	224	-0.04	30339.01	6.5	15855.28	7.5
690.3799	14480.78	83	64	1.30	nc	690 +	596	-0.06	31540.19	7.5	17059.35	6.5
691.0532	14466.67	7	6	1.17	nl	1040 +	996	-0.1	26811.32	7.5	12344.55	6.5
691.2495	14462.57	3	3	1.00	nl	340 +	231	0.09	27556.90	4.5	13094.42	4.5
691.3488	14460.49	36	34	1.06	nc	1080 +	1006	-0.15	36873.78	6.5	22413.14	5.5
691.5089	14457.14	21	19	1.11	nl	525 +	280	-0.04	31339.46	7.5	16882.28	7.5
691.5351	14456.59	16	16	1.00	nl	560 -	-299	0.00	31394.02	5.5	16937.43	5.5
691.6686	14453.80	278	256	1.09		135 -	-129	0.00	26143.57	8.5	11689.77	9.5
691.9087	14448.79	16	16	1.00	nl	150 *	-62	-0.01	38806.72	7.5	24357.92	7.5
692.2046	14442.61	4	4	1.00	nl	265 +	-220	0.00	31380.04	6.5	16937.43	5.5
692.3286	14440.02	4	5	0.80	nl	505 -	-360	0.05	33091.50	7.5	18651.53	7.5
693.5406	14414.79	4	4	1.00	nl	540 -						
693.9476	14406.34	294	240	1.23		910 +	833	-0.06	31116.22	8.5	16709.82	8.5
694.7116	14390.49	5	4	1.25	nl	200 +						
695.0352	14383.79	333	314	1.06	nc	1195 +	1008	-0.12	31443.26	7.5	17059.35	6.5
695.0826	14382.81	8	8	1.00	nl	750 +						
695.5222	14373.72	124	99	1.25	nc	845 +	763	0.05	24115.17	8.5	9741.50	9.5
695.5549	14373.04	72	45	1.60		120 *	61	0.01	22978.19	6.5	8605.16	5.5
696.4864	14353.82	8	6	1.33	nl	430 -	-378	0.04	33005.31	7.5	18651.53	7.5
697.3715	14335.60	3	3	1.00		380 -	-149	0.02	30773.59	7.5	16438.01	8.5
697.3999	14335.02	11	9	1.22	nl b	570 +	500	-0.09	31018.63	9.5	16683.52	9.5
697.4157	14334.70	25	22	1.14	nl b	210 -	40	0.02	26673.72	6.5	12339.04	7.5
697.4184	14334.64	24	25	0.96	nl b	340 -	206	-0.03	31394.02	5.5	17059.35	6.5
697.4239	14334.53	16	14	1.14	nl b	540 *	-333	-0.07	31272.03	6.5	16937.43	5.5
697.4832	14333.31	6	4	1.50	nl b	470 +	388	0.07	32898.14	6.5	18564.90	6.5
697.5093	14332.77	6	4	1.50	nl b	1080 -	-1029	0.15	31042.44	7.5	16709.82	8.5
697.6858	14329.15	6	5	1.20	nl b	150 *	68	-0.02	26673.72	6.5	12344.55	6.5

Tablo 4.2 (devam): 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho I çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	E_u (cm^{-1})	J_u	E_l (cm^{-1})	J_l
697.8608	14325.55	19	16	1.19	nl	820 +	745	-0.09	26664.68	8.5	12339.04	7.5
698.1227	14320.18	20	17	1.18	nl	525 -	-390	0.06	26664.67	5.5	12344.55	6.5
698.4075	14314.34	4	4	1.00	nl	785 +						
698.7436	14307.45	13	16	0.81	nl	180 -						
698.7681	14306.95	2	2	1.00		690 +	611	-0.08	29443.09	8.5	15136.06	7.5
698.7906	14306.49	28	26	1.08	nl	140 *	-76	0.00	31042.44	7.5	16735.95	6.5
699.1700	14298.73	51	45	1.13	nl	720 +	638	-0.05	26637.82	8.5	12339.04	7.5
699.5763	14290.42	5	3	1.67	nl	1370 +	1247	-0.16	25980.35	10.5	11689.77	9.5
700.0840	14280.06	50	45	1.11	nl	400 *	259	-0.05	31339.46	7.5	17059.35	6.5

Tablo 4.3: 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	σ_{vak} (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
400.0471	24989.99	8	3	2.67	nl	625 *						
400.1293	24984.85	13	7	1.86	b	1975 -	-1763	0.01	30602.30	6	5617.451	7
400.1828	24981.52	9	2	4.50	nl	1880 *						
400.2601	24976.69	39	15	2.60		1850 -	-1723	0.00	30594.14	6	5617.451	7
400.5966	24955.71	7	3	2.33		1635 -	-1550	0.00	33957.46	5	9001.754	6
400.8233	24941.60	4	2	2.00	nl	420 +						
400.8649	24939.01	5	2	2.50	nl	800 *						
400.8865	24937.67	4	2	2.00	nl	280 -						
401.1954	24918.46	6	2	3.00		660 +	511	0.00	33769.02	5	8850.552	5
401.2317	24916.21	5	2	2.50	nl	225 -						
401.2456	24915.35	5	2	2.50	nl	1135 *						
401.4184	24904.62	16	7	2.29		715 +						
401.7987	24881.05	27	12	2.25	b	1995 *	-1760	0.00	33882.80	6	9001.754	6
401.9893	24869.25	15	8	1.88	nl	900 +						
402.0390	24866.18	5	2	2.50	nl	180 *						
402.1017	24862.30	4	2	2.00	nl	500 +						
402.2778	24851.42	34	10	3.40		1940 -	-1856	0.00	36055.96	4	11204.534	5
402.3975	24844.02	52	18	2.89	b	1680 +	1575	0.00	25481.78	7	637.753	7
403.6447	24767.27	21	8	2.63	b	2610 -	-2490	0.00	33769.02	5	9001.754	6
403.8871	24752.40	43	15	2.87		1400 +	1279	0.01	30602.30	6	5849.900	6
404.0203	24744.24	4	2	2.00	b	1350 +						
404.5447	24712.16	1485	512	2.90		1050 -	-924	0.00	24712.16	7	0.000	8
404.5968	24708.98	16	6	2.67	nl	450 *						
404.7493	24699.67	70	36	1.94		335 +						
405.2263	24670.60	9	2	4.50	nl b	1075 *						
405.2351	24670.06	13	4	3.25	nl b	1800 -						
405.4379	24657.72	53	19	2.79	nl b	170 *						
405.4438	24657.37	173	62	2.79	b	520 -						
406.1201	24616.31	4	2	2.00	nl	820 -						
406.4290	24597.60	12	2	6.00	nl b	220 -						
406.4668	24595.31	8	3	2.67	nl	1500 +						
406.5061	24592.93	675	272	2.48		600 -	-252	0.00	24592.94	8	0.000	8
407.1055	24556.72	4	1	4.00	nl	710 *						
407.5441	24530.30	7	2	3.50	nl	1010 -						
407.5830	24527.95	4	2	2.00	nl	320 *						
408.4388	24476.56	11	5	2.20	nl	2430 -						
408.5682	24468.81	7	2	3.50	nl b	1530 -						
408.5788	24468.18	7	2	3.50	nl b	490 +						
408.8410	24452.48	4	2	2.00	nl	1550 -						
409.3088	24424.54	11	6	1.83	nl b	2380 +						
409.3849	24420.00	4	2	2.00	nl	270 -						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
410.4638	24355.81	7	2	3.50	nl	845 *						
411.0630	24320.31	6	3	2.00	nl	280 *						
411.1498	24315.17	8	3	2.67	nl	770 +						
412.9786	24207.50	6	3	2.00	nl	1400 +						
415.0690	24085.59	6	2	3.00	nl	200 *						
415.2618	24074.41	224	74	3.03		2260 +	2159	0.00	24712.16	7	637.753	7
415.5498	24057.72	7	2	3.50	nl b	2000 *						
415.5785	24056.06	9	4	2.25	nl b	1925 *						
415.8475	24040.50	8	3	2.67	nl	1210 *						
416.1303	24024.16	6	2	3.00	nl	1400 *						
416.7493	23988.48	14	4	3.50	nl b	2080 -						
417.0688	23970.10	16	5	3.20	nl	1890 -						
417.1506	23965.40	7	2	3.50	nl	730 *						
417.3285	23955.19	170	70	2.43	b	2950 +	2831	0.00	24592.94	8	637.753	7
419.3561	23839.37	24	7	3.43	nl	1250 +						
419.4938	23831.54	4	2	2.00	nl	400 -						
419.5676	23827.35	8	4	2.00	nl	670 *						
419.6133	23824.75	4	2	2.00	nl b	620 *						
419.9778	23804.08	11	4	2.75	nl	1110 -						
420.1154	23796.28	4	2	2.00	nl	250 -						
420.3789	23781.36	5	2	2.50	nl b	535 *	394	0.01	44273.62	8	20492.241	7
421.1293	23738.99	10	3	3.33		1170 +	1115	0.00	29588.89	6	5849.900	6
421.6648	23708.84	16	5	3.20	nl b	1940 -						
421.6798	23708.00	16	5	3.20	nl b	1400 *						
422.6728	23652.30	99	7	14.14	nl	150 *						
422.6978	23650.90	93	34	2.74	nl b	300 *						
422.9521	23636.68	346	132	2.62		700 -	-416	0.00	23636.68	8	0.000	8
424.5405	23548.25	16	8	2.00	nl	200 *						
424.6530	23542.01	8	2	4.00	nl	1410 +						
424.8003	23533.85	14	4	3.50	nl	640 *						
424.8111	23533.25	10	3	3.33	nl	100 *						
424.9103	23527.76	6	2	3.00	nl	190 *						
424.9357	23526.35	9	4	2.25	nl b	1190 -						
425.8571	23475.45	9	3	3.00		1270 +	1171	0.00	29325.35	7	5849.900	6
426.4628	23442.11	6	3	2.00	nl b	410 *						
426.7478	23426.45	4	2	2.00	nl	450 *						
427.3148	23395.37	4	2	2.00	nl b	350 *						
427.3624	23392.76	10	4	2.50	b	890 *						
427.8750	23364.74	4	2	2.00	nl	320 *						
427.8831	23364.30	5	2	2.50	nl	200 *						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
428.1598	23349.20	9	3	3.00	nl b	1760 -						
428.2522	23344.16	6	3	2.00	nl	630 *						
428.4417	23333.83	9	4	2.25	nl	1150 -						
428.9168	23307.99	31	14	2.21	nl	340 +						
428.9717	23305.00	72	6	12.00	nl	390 -						
429.0174	23302.52	70	21	3.33	nl	140 *						
429.8463	23257.59	23	12	1.92	nl b	2450 -						
430.0108	23248.69	362	99	3.66	nl	190 *						
430.0287	23247.72	3	1	3.00	nl	190 +						
430.1059	23243.55	13	4	3.25	nl b	1240 *						
430.1108	23243.29	13	7	1.86	nl b	830 *						
430.1618	23240.53	29	8	3.63	nl	180 *						
430.5878	23217.54	4	2	2.00	nl	1090 *						
430.8700	23202.33	6	3	2.00	nl	320 -						
430.9628	23197.33	27	8	3.38	nl	670 +						
431.4978	23168.57	16	4	4.00	nl	800 +						
432.6418	23107.31	11	3	3.67	nl	160 *						
433.0618	23084.90	51	18	2.83		780 +						
433.1966	23077.72	6	3	2.00	nl	660 *						
433.2543	23074.65	29	10	2.90		1800 -	-1698	0.00	28692.10	6	5617.451	7
433.3378	23070.20	22	6	3.67	nl	520 *						
433.5318	23059.88	104	20	5.20	nl	190 *						
433.5749	23057.58	13	3	4.33	nl	310 *						
433.7113	23050.33	127	36	3.53		740 +						
434.0054	23034.71	24	11	2.18	b	2780 -	-2644	0.00	23034.71	7	0.000	8
434.4500	23011.14	16	2	8.00	nl	150 *						
434.6807	22998.93	82	30	2.73		2770 +	2667	0.00	23636.68	8	637.753	7
434.8378	22990.62	8	3	2.67	nl b	760 +						
435.4715	22957.16	5	2	2.50	nl	190 +						
435.4799	22956.72	4	2	2.00	nl	220 +						
435.6607	22947.19	6	3	2.00	nl b	450 *						
435.6698	22946.71	326	120	2.72		230 -						
435.7742	22941.22	4	2	2.00	nl	490 +						
436.3906	22908.81	23	7	3.29		950 +						
436.9298	22880.54	5	1	5.00	nl	600 *						
437.6632	22842.20	26	9	2.89		1440 +	1343	0.00	28692.10	6	5849.900	6
437.8478	22832.57	4	2	2.00	nl	280 -						
437.9053	22829.57	8	4	2.00	nl	620 +						
437.9140	22829.12	87	22	3.95		170 *						
437.9820	22825.58	23	8	2.88	nl	860 +						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
438.0440	22822.35	13	6	2.17	nl	610 *						
438.0596	22821.53	5	2	2.50	nl	290 *						
438.2951	22809.27	6	3	2.00	nl	360 *						
438.4863	22799.32	74	25	2.96		1250 -	-1139	0.00	28416.77	6	5617.451	7
438.5058	22798.31	18	9	2.00	nl	190 *						
438.5423	22796.41	5	2	2.50	nl	380 *						
438.6386	22791.41	4	2	2.00	nl	170 -						
438.6896	22788.76	4	2	2.00	nl	980 -						
439.3221	22755.95	21	5	4.20	nl	470 *						
439.3620	22753.88	20	6	3.33	nl b	150 *						
440.0548	22718.06	62	25	2.48	b	530 +						
440.1143	22714.99	5	2	2.50	nl	520 +						
440.1248	22714.45	134	37	3.62		150 *						
440.4038	22700.06	17	9	1.89	nl b	550 *						
440.4258	22698.93	35	14	2.50	nl b	1970 -						
441.1926	22659.48	4	2	2.00	nl	630 -						
441.4598	22645.76	6	2	3.00	nl	450 *						
442.0559	22615.22	155	66	2.35		340 *						
442.3148	22601.99	4	2	2.00	nl	1020 -						
442.6208	22586.36	9	3	3.00	nl	1190 -						
442.6516	22584.79	9	3	3.00	nl	420 *						
442.9788	22568.11	24	8	3.00	nl b	900 +						
443.0029	22566.88	23	11	2.09	b	1990 +	1903	0.01	28416.77	6	5849.900	6
443.1070	22561.58	4	2	2.00	nl	790 -						
443.3248	22550.49	42	11	3.82	nl	160 *						
443.4865	22542.27	9	3	3.00	nl b	150 *						
443.4941	22541.89	42	17	2.47	nl b	510 -						
443.5443	22539.34	5	2	2.50	nl	550 *						
443.7977	22526.47	11	3	3.67	nl	180 *						
444.3998	22495.95	8	3	2.67	nl	1170 *						
444.5088	22490.43	30	9	3.33	nl b	320 -						
445.4148	22444.68	9	3	3.00	nl	1410 +						
445.4363	22443.60	4	2	2.00	nl	520 -						
445.5324	22438.76	5	2	2.50	nl	970 *						
445.5878	22435.97	4	2	2.00	nl	430 *						
445.9983	22415.32	9	2	4.50	nl	790 -						
446.3639	22396.96	25	10	2.50		530 -	439	0.00	23034.71	7	637.753	7
446.7753	22376.34	6	3	2.00	nl	660 *						
447.1388	22358.15	33	9	3.67	nl	160 *						
447.3578	22347.20	26	8	3.25	b	720 +						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
447.7618	22327.04	182	74	2.46		300 -						
448.1028	22310.05	15	8	1.88	nl b	140 *						
448.1258	22308.90	7	3	2.33	nl b	1610 +						
448.2563	22302.41	16	3	5.33	nl	190 -						
448.4558	22292.49	32	13	2.46		820 -						
449.0378	22263.60	23	6	3.83	nl	120 *						
449.3016	22250.52	4	2	2.00	nl	358 *						
449.3868	22246.31	4	2	2.00	nl b	450 -						
449.6908	22231.27	6	2	3.00	nl	690 -						
449.8411	22223.84	5	2	2.50	nl	250 +						
450.5818	22187.31	9	2	4.50	nl	1540 +						
450.6298	22184.94	6	2	3.00	nl	1020 +						
450.7228	22180.37	5	2	2.50	nl	1210 *						
451.0778	22162.91	66	26	2.54	b	330 -						
451.2543	22154.24	86	31	2.77	nl	150 *						
451.3018	22151.91	15	7	2.14	nl	140 *						
451.5792	22138.30	21	12	1.75	b	1880 -	-1756	0.00	22138.30	7	0.000	8
452.3278	22101.66	6	2	3.00	nl	700 +						
452.5666	22090.00	8	3	2.67	nl	380 -						
452.5838	22089.16	35	18	1.94	b	1300 -						
452.6036	22088.20	56	22	2.55	nl b	1980 -						
452.6208	22087.36	16	7	2.29	b	1480 -						
452.9218	22072.68	4	2	2.00	nl	1120 -						
453.0058	22068.59	52	17	3.06	b	390 -						
453.0798	22064.98	4	2	2.00	nl	400 -						
453.1178	22063.13	17	7	2.43	nl b	550 *						
453.1568	22061.23	118	49	2.41		1320 +						
453.6508	22037.21	21	8	2.63	b	1720 +	1610	0.00	30887.77	5	8850.552	5
454.8938	21976.99	27	9	3.00	nl	580 -						
455.0587	21969.03	6	1	6.00	nl	150 -						
456.3753	21905.65	20	8	2.50	nl	300 +						
456.7848	21886.01	35	13	2.69		1490 -	-1390	0.00	30887.77	5	9001.754	6
456.9438	21878.40	4	2	2.00	nl	380 +						
457.1958	21866.34	19	7	2.71	nl	2270 +						
457.2398	21864.24	22	7	3.14		480 +						
457.4308	21855.11	15	8	1.88	nl	740 *						
458.0828	21824.00	8	3	2.67	nl	2590 +						
458.9713	21781.75	22	10	2.20	nl	850 -						
459.0658	21777.27	6	3	2.00	nl b	860 -						
459.4596	21758.60	10	5	2.00	nl b	650 *						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
459.4658	21758.31	10	5	2.00	b	570 +						
460.2768	21719.97	5	2	2.50	nl	670 +						
460.8658	21692.22	13	5	2.60	nl	580 *						
460.9403	21688.71	130	45	2.89	b	2035 -	-1913	0.00	21688.71	7	0.000	8
462.4078	21619.88	7	3	2.33	nl b	1380 +						
462.9118	21596.34	262	108	2.43		300 +						
463.5008	21568.90	7	3	2.33	nl	380 *						
463.8228	21553.92	19	7	2.71	nl	1350 -						
464.3098	21531.32	16	4	4.00	nl	230 *						
464.4033	21526.98	4	2	2.00	nl	270 -						
464.7744	21509.79	46	21	2.19	nl	980 +						
464.9742	21500.55	178	83	2.14	b	1425 +	1326	0.00	22138.30	7	637.753	7
465.1378	21492.99	13	6	2.17	nl	390 +						
465.2668	21487.03	9	4	2.25	nl	330 -						
466.0666	21450.16	7	3	2.33	nl b	940 +						
466.1228	21447.57	9	4	2.25	nl b	790 +						
466.1368	21446.93	227	76	2.99	b	140 +						
466.2918	21439.80	7	3	2.33	nl	430 +						
467.0958	21402.89	4	2	2.00	nl	940 -						
467.4527	21386.55	6	3	2.00	nl	560 *						
467.4628	21386.09	166	62	2.68		260 +						
467.4858	21385.04	7	3	2.33	nl	230 +						
467.8448	21368.63	8	3	2.67	nl	600 +						
468.1878	21352.98	13	4	3.25	nl	330 +						
468.5823	21335.00	38	13	2.92	nl b	210 *						
468.6868	21330.24	8	3	2.67	nl	570 -						
468.8187	21324.24	25	12	2.08	nl b	960 +						
469.2823	21303.17	7	3	2.33	nl	420 -						
469.3568	21299.79	8	2	4.00	nl	630 -						
469.9490	21272.95	4	2	2.00	nl	240 *						
470.1128	21265.54	26	7	3.71		650 -						
470.7110	21238.52	5	2	2.50	nl	230 *						
470.9843	21226.18	100	25	4.00	nl b	180 *						
471.4501	21205.22	4	2	2.00	nl	260 *						
471.6568	21195.93	6	2	3.00	nl b	750 +						
472.8828	21140.98	17	5	3.40	b	1810 +						
473.5723	21110.20	10	2	5.00	nl	240 +						
473.6218	21107.99	4	2	2.00	nl	320 -						
473.6348	21107.41	7	2	3.50	nl	620 -						
473.7982	21100.13	14	5	2.80		370 +						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
474.2019	21082.17	397	137	2.90		930 -	-824	0.00	21082.17	7	0.000	8
474.8318	21054.20	11	4	2.75		2330 -	-2211	0.00	26671.65	7	5617.451	7
474.9049	21050.96	90	50	1.80	b	1380 +	1170	0.01	21688.71	7	637.753	7
475.4328	21027.59	10	4	2.50	nl	180 +						
475.8108	21010.88	11	4	2.75	nl	990 -						
476.3558	20986.84	8	3	2.67		820 -						
476.4141	20984.28	5	2	2.50	nl	350 +						
476.6382	20974.41	7	3	2.33	nl b	320 *						
477.1810	20950.55	6	2	3.00	nl	270 +						
477.1928	20950.03	16	6	2.67	nl	560 -						
477.6202	20931.29	4	2	2.00	nl	390 *						
477.7468	20925.74	108	35	3.09		120 *						
477.8991	20919.07	9	3	3.00	nl	270 -						
478.5198	20891.94	6	3	2.00	nl b	460 +						
479.1482	20864.54	17	6	2.83		180 *						
479.2533	20859.96	6	3	2.00	nl	900 +						
479.2726	20859.12	24	9	2.67	nl b	360 -						
479.5911	20845.27	26	9	2.89		130 *						
479.7418	20838.72	9	4	2.25	nl b	1230 +						
479.7748	20837.29	11	4	2.75	nl	980 +						
479.8698	20833.16	10	4	2.50	nl	290 -						
480.1329	20821.75	9	5	1.80		915 +	830	0.00	26671.65	7	5849.900	6
480.6798	20798.06	7	3	2.33	nl	535 *						
480.7646	20794.39	4	1	4.00	nl	550 *						
480.8488	20790.75	6	2	3.00	nl	670 +						
481.2953	20771.46	22	8	2.75		1820 +						
481.3521	20769.01	7	3	2.33	nl	300 -						
481.4298	20765.66	7	2	3.50	nl	1620 -						
481.4698	20763.93	12	5	2.40	nl	440 -						
482.0643	20738.32	5	2	2.50	b	1245 +	1163	0.01	29588.89	6	8850.552	5
482.3708	20725.15	5	2	2.50	nl	1510 -						
482.6407	20713.56	4	2	2.00		1380 -	-1317	0.00	26331.01	8	5617.451	7
483.2283	20688.37	63	22	2.86		130 *						
483.2398	20687.88	12	4	3.00	nl	330 *						
484.5990	20629.86	10	3	3.33	nl	180 +						
485.4924	20591.89	6	3	2.00	nl	430 *						
485.5558	20589.21	22	6	3.67		910 +						
485.6804	20583.92	19	4	4.75	nl	120 *						
485.9003	20574.61	3	1	3.00	nl	860 *						
486.4048	20553.27	13	6	2.17	nl	220 *						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
486.7665	20538.00	4	2	2.00	nl	290 *						
486.9618	20529.76	4	2	2.00	nl b	850 -						
488.0253	20485.02	12	5	2.40	nl	520 -						
488.8255	20451.48	4	2	2.00	nl	320 *						
488.9642	20445.68	11	3	3.67		210 *						
488.9947	20444.41	50	17	2.94		2350 +	2259	0.00	21082.17	7	637.753	7
489.6427	20417.35	21	10	2.10	b	220 *						
490.2832	20390.68	13	5	2.60	nl b	910 -	-794	0.02	26008.15	7	5617.451	7
490.2942	20390.22	14	5	2.80	nl b	1780 -						
490.3270	20388.86	8	4	2.00	nl	470 +						
490.6977	20373.46	34	12	2.83		300 -						
490.9569	20362.70	7	2	3.50	nl	460 *						
492.2597	20308.81	12	4	3.00	nl b	1060 +						
492.6603	20292.29	6	2	3.00	nl	300 *						
492.8072	20286.25	4	2	2.00	nl	210 *						
493.0557	20276.02	25	8	3.13	nl	120 +						
493.4282	20260.72	7	2	3.50	nl	240 +						
494.0817	20233.92	4	1	4.00	nl b	370 *						
494.0887	20233.63	3	1	3.00	nl b	770 -						
494.1397	20231.54	12	5	2.40	nl b	2360 +						
494.1472	20231.24	10	5	2.00	nl b	1030 *						
494.1762	20230.05	7	2	3.50	nl b	220 +						
494.2077	20228.76	4	1	4.00	nl	560 *						
494.3630	20222.40	5	2	2.50	nl	670 *						
494.8188	20203.78	55	20	2.75		360 *						
494.8767	20201.41	5	2	2.50	nl	610 -						
495.8507	20161.73	7	3	2.33	nl	650 *						
495.9427	20157.99	70	25	2.80		920 -						
496.2747	20144.51	4	2	2.00	nl	380 +						
496.3197	20142.68	9	4	2.25	nl	420 -						
496.3589	20141.09	8	4	2.00	nl	370 *						
496.6793	20128.10	198	73	2.71		2360 -	-2255	0.00	20128.10	7	0.000	8
496.7224	20126.35	378	144	2.63		680 -	-580	0.00	20126.35	8	0.000	8
497.0822	20111.78	7	2	3.50	nl	320 -						
497.1497	20109.05	13	5	2.60	nl	250 *						
497.4367	20097.45	4	2	2.00	nl	570 +						
497.7370	20085.33	6	2	3.00	nl	1550 +						
498.2537	20064.50	5	2	2.50	nl	230 -						
498.4627	20056.08	11	4	2.75	nl	500 -						
498.6412	20048.91	6	3	2.00	b	1800 +	1713	0.00	30887.77	5	10838.856	4

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
498.7063	20046.29	4	2	2.00	nl	800 *						
498.7240	20045.58	6	2	3.00	nl	350 +						
498.7318	20045.26	5	2	2.50	nl	240 +						
498.7432	20044.80	10	4	2.50	nl b	300 +						
499.0382	20032.96	5	2	2.50	nl	230 -						
499.9022	19998.33	10	4	2.50	b	1460 -	-1371	0.00	19998.33	8	0.000	8
500.7239	19965.51	6	3	2.00	nl	320 *						
501.3297	19941.39	67	22	3.05		145 -						
501.5691	19931.87	7	2	3.50	nl	100 *						
501.7305	19925.46	4	2	2.00	nl	300 -						
502.0395	19913.20	7	2	3.50	nl	370 *						
502.1707	19907.99	6	3	2.00	nl	830 +						
503.2746	19864.33	14	6	2.33	nl b	1610 -	-1552	0.00	25481.78	7	5617.451	7
503.2947	19863.53	17	7	2.43	b	400 -						
503.7094	19847.18	7	3	2.33	nl	220 +						
503.7308	19846.34	6	2	3.00	nl b	940 +						
504.8817	19801.10	7	3	2.33	nl	340 *						
505.4957	19777.05	13	6	2.17	b	360 *						
506.4495	19739.80	8	3	2.67	nl	180 -						
506.4637	19739.25	8	2	4.00	nl	150 +						
506.5413	19736.22	15	7	2.14	nl b	300 +						
507.9048	19683.24	4	2	2.00		1400 -	-1247	0.01	30887.77	5	11204.534	5
508.9127	19644.26	4	2	2.00	nl	1060 +						
509.2334	19631.89	6	3	2.00		1580 +	1490	0.01	25481.78	7	5849.900	6
509.3077	19629.02	38	12	3.17		500 -						
510.1647	19596.05	4	2	2.00	nl	500 +						
510.2137	19594.17	11	3	3.67	nl	230 +						
510.2643	19592.22	49	21	2.33		1680 -	-1580	0.00	19592.23	8	0.000	8
510.7807	19572.42	4	2	2.00	nl b	120 *						
511.8182	19532.74	6	2	3.00	nl	360 *						
512.2367	19516.78	26	14	1.86	nl	200 *						
512.4050	19510.37	6	2	3.00	nl	190 +						
512.9316	19490.35	51	23	2.22		890 +	828	0.00	20128.10	7	637.753	7
512.9776	19488.60	58	24	2.42	b	2610 +	2503	0.00	20126.35	8	637.753	7
513.2262	19479.16	30	10	3.00	nl	130 -						
513.3747	19473.52	18	8	2.25	nl	1770 +						
513.6447	19463.29	9	4	2.25	nl	430 -						
513.8912	19453.95	4	2	2.00	nl	340 *						
514.2597	19440.01	11	5	2.20		310 -						
514.9677	19413.28	9	3	3.00	nl	400 -						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya *R* katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
515.6497	19387.61	11	6	1.83	nl b	210 *						
515.6497	19387.61	11	6	1.83	nl b	940 -						
516.3696	19360.58	47	20	2.35		1810 +	1712	0.00	19998.33	8	637.753	7
516.4537	19357.43	5	2	2.50	nl	410 +						
517.1284	19332.17	4	2	2.00	nl	500 +						
517.9987	19299.69	6	3	2.00	nl	1120 *						
519.0122	19262.00	17	5	3.40		160 *						
519.2806	19252.05	6	3	2.00	nl b	740 +	696	0.02	38363.58	9	19111.556	9
519.7207	19235.75	6	3	2.00	nl	560 +						
519.9170	19228.48	5	2	2.50	nl	160 *						
520.4758	19207.84	4	2	2.00	nl	150 -						
520.6037	19203.12	43	7	6.14	nl	120 -						
521.2739	19178.43	7	3	2.33	nl	190 +						
521.4497	19171.97	56	11	5.09	nl	200 +						
523.5596	19094.71	5	2	2.50	b	1060 -	-968	0.01	24712.16	7	5617.451	7
524.4507	19062.26	14	6	2.33		1220 +						
525.3737	19028.77	6	3	2.00	nl	460 -						
526.4052	18991.49	4	1	4.00	nl	1010 -						
526.6485	18982.71	8	3	2.67	nl b	850 -						
526.9535	18971.73	17	9	1.89	nl b	110 *						
527.0121	18969.62	4	2	2.00	nl	470 *						
527.4333	18954.47	12	5	2.40		1590 +	1503	0.00	19592.23	8	637.753	7
527.5470	18950.38	7	3	2.33		630 +						
529.8907	18866.57	10	3	3.33	nl	140 *						
530.3420	18850.51	6	2	3.00	nl	160 *						
531.3537	18814.62	5	2	2.50	nl b	190 -						
531.3977	18813.06	32	8	4.00	nl	120 *						
532.1535	18786.34	4	2	2.00	nl	420 *						
532.4195	18776.96	5	2	2.50	nl	120 -						
532.8025	18763.46	7	2	3.50	nl	210 -						
534.1472	18716.22	5	2	2.50	nl b	580 +						
534.8119	18692.96	4	2	2.00	nl	490 -						
535.7626	18659.79	8	3	2.67	nl	230 +						
536.1407	18646.63	6	3	2.00	nl	1140 +						
536.4117	18637.21	4	2	2.00	nl	490 -						
536.4627	18635.44	5	2	2.50	nl	260 *						
536.6835	18627.77	6	2	3.00	nl	180 *						
536.8591	18621.68	4	2	2.00	nl	320 -						
537.1277	18612.37	3	1	3.00	nl b	330 -						
538.7909	18554.92	8	4	2.00	nl	170 -						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
539.3867	18534.42	15	4	3.75		210 +						
540.2497	18504.81	10	5	2.00	nl	520 -						
540.8062	18485.77	11	4	2.75	nl	160 *						
541.6322	18457.58	4	2	2.00	nl	450 +						
542.2564	18436.33	4	2	2.00	nl	230 *						
542.5012	18428.02	6	3	2.00	nl	340 *						
543.4333	18396.41	5	2	2.50		410 *						
543.7581	18385.42	6	3	2.00	nl	150 -						
544.4383	18362.45	11	4	2.75	nl	280 *						
544.6907	18353.94	5	1	5.00	nl	190 -						
545.3737	18330.96	23	6	3.83	nl	1010 -						
545.7424	18318.57	6	3	2.00	nl	440 *						
545.7567	18318.09	7	2	3.50	nl	210 *						
546.1267	18305.68	4	2	2.00	nl	730 *						
546.4914	18293.47	5	2	2.50	nl	150 -						
547.0665	18274.23	4	2	2.00	nl	230 +						
549.2851	18200.42	4	2	2.00	nl	210 -						
549.3582	18198.00	6	3	2.00	nl	450 *						
549.4167	18196.06	4	2	2.00		350 *						
550.1342	18172.33	7	3	2.33	nl	140 +						
551.0887	18140.86	4	2	2.00	nl	360 *						
551.5487	18125.73	15	5	3.00	nl	200 +						
552.3157	18100.56	4	2	2.00	nl	760 +						
553.3823	18065.67	5	2	2.50	nl b	180 +						
553.4308	18064.09	6	3	2.00	b	520 *						
553.7107	18054.96	4	2	2.00	nl	100 +						
554.8157	18019.00	4	2	2.00	nl	290 +						
555.2109	18006.17	5	2	2.50	nl	110 *						
556.3372	17969.72	4	2	2.00	nl b	290 *						
557.8987	17919.42	33	11	3.00	nl	1830 -						
559.7474	17860.24	5	2	2.50	nl	160 -						
560.8557	17824.95	9	3	3.00	nl b	420 -						
561.5592	17802.62	4	2	2.00	nl b	340 *						
561.8196	17794.37	4	2	2.00	nl	300 -						
562.5254	17772.04	6	3	2.00	nl	140 -						
562.6522	17768.04	6	3	2.00	nl	240 +						
562.8207	17762.72	4	2	2.00		800 +						
563.8578	17730.05	4	2	2.00	nl	180 -						
564.8693	17698.30	6	2	3.00	nl	130 *						
565.1433	17689.72	6	2	3.00	nl	230 *						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
565.3271	17683.97	5	2	2.50	nl b	590 -						
566.4915	17647.62	9	4	2.25	nl	320 +						
566.7263	17640.31	6	3	2.00	nl b	750 *						
566.9947	17631.96	4	2	2.00	nl	170 -						
567.5507	17614.68	4	2	2.00	nl	160 +						
567.8171	17606.42	6	2	3.00	nl	170 -						
567.9945	17600.92	4	2	2.00	nl b	200 *	14	0.03	33882.80	6	16281.855	6
568.3796	17588.99	4	2	2.00	nl	160 -						
568.5762	17582.91	15	5	3.00	nl	170 +						
568.9944	17569.99	4	2	2.00	nl	180 *						
570.7747	17515.19	4	2	2.00	nl	250 +						
571.4347	17494.96	4	1	4.00	nl	230 +						
571.5339	17491.92	4	2	2.00	nl	120 *						
572.2139	17471.14	4	2	2.00	nl	200 -						
572.4207	17464.82	4	2	2.00	nl b	1200 +						
573.5472	17430.52	4	1	4.00	nl	280 *						
574.3543	17406.03	4	2	2.00	nl	230 *						
575.1580	17381.71	2	1	2.00		280 *						
575.5289	17370.50	5	2	2.50	nl	160 *						
576.2901	17347.56	4	2	2.00	nl	160 +						
576.6667	17336.23	4	2	2.00	nl	340 *						
577.2172	17319.70	12	6	2.00	nl b	630 +						
577.7433	17303.93	4	2	2.00	nl b	640 *						
577.7582	17303.48	4	2	2.00	b	480 -						
578.0707	17294.13	4	2	2.00	nl	390 *						
578.9221	17268.69	4	2	2.00	nl	180 *						
579.3936	17254.64	4	2	2.00	nl	160 +						
579.5488	17250.02	4	2	2.00	nl	1280 -						
581.7470	17184.84	4	2	2.00	nl b	500 -						
581.7484	17184.80	4	2	2.00	nl b	300 -	354	0.01	23034.71	7	5849.900	6
583.4847	17133.66	3	1	3.00	nl b	200 *						
583.9430	17120.21	37	19	1.95	nl b	200 +						
583.9441	17120.18	30	11	2.73	b	1090 -	-981	0.01	17120.18	8	0.000	8
584.6244	17100.26	4	2	2.00	nl	110 *						
586.6322	17041.73	6	2	3.00	nl	480 +						
586.6437	17041.40	6	1	6.00	nl	130 -						
587.4715	17017.39	6	2	3.00	nl	210 -						
588.9957	16973.35	155	15	10.33	nl	180 *						
589.0530	16971.70	4	2	2.00	nl	160 *						
589.6654	16954.07	6	3	2.00	nl	150 +						

Tablo 4.3 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho II çizgileri.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	ΔW (mK)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	E_u (cm ⁻¹)	J_u	E_l (cm ⁻¹)	J_l
590.4137	16932.58	8	3	2.67	nl	160 +						
590.4277	16932.18	51	19	2.68		320 -						
595.6697	16783.18	4	2	2.00	nl b	570 +						
595.7926	16779.72	6	3	2.00	nl	200 -						
596.1195	16770.51	4	2	2.00	nl	230 -						
596.1704	16769.08	9	4	2.25	nl	630 -						
599.3057	16681.35	14	5	2.80	nl	170 -						
600.5267	16647.44	22	8	2.75		140 -						
600.5742	16646.12	5	2	2.50	nl	780 *						
601.6822	16615.47	3	1	3.00	nl	280 *						
602.0529	16605.24	4	2	2.00	nl	320 *						
602.2252	16600.49	4	2	2.00	nl	170 +						
602.4189	16595.15	6	2	3.00	nl	120 -						
603.2462	16572.39	5	2	2.50	nl b	160 +						
604.2469	16544.94	4	1	4.00	nl	120 +						
604.5372	16537.00	4	2	2.00	nl	340 +						
605.8185	16502.02	4	2	2.00		700 +	531	0.00	32783.88	7	16281.855	6
606.0207	16496.52	9	4	2.25	nl	245 +						
606.5387	16482.43	9	5	1.80		2165 +	2102	0.01	17120.18	8	637.753	7
607.3607	16460.12	13	7	1.86	nl	200 -						
607.6809	16451.45	12	4	3.00	b	2270 -	-2179	0.00	16451.45	8	0.000	8
609.2174	16409.96	6	3	2.00	nl b	120 *						
613.0582	16307.15	4	2	2.00	nl	430 *						
616.2169	16223.56	8	2	4.00	nl	130 *						
617.0947	16200.49	5	2	2.50	nl	130 -						
617.8877	16179.69	4	2	2.00	nl	160 -						
619.1715	16146.15	9	2	4.50		100 *						
620.8607	16102.22	6	1	6.00		260 *						
655.5667	15249.77	8	4	2.00	nl	320 -						
665.5714	15020.54	8	3	2.67	nl	260 -						
676.6795	14773.96	50	15	3.33	nl b	130 *						
688.8479	14512.99	6	2	3.00		440 *	301	0.01	31262.19	8	16749.204	7
692.4788	14436.89	4	1	4.00		235 -	139	0.00	34929.13	6	20492.241	7
697.6756	14329.36	11	5	2.20	b	310 -						
698.5076	14312.29	6	3	2.00		395 *	139	0.00	30594.14	6	16281.855	6

Tablo 4.4: 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, sınıflandırılan veya R katsayısına göre tanımlanan Ho III çizgileri.

λ_{hava} (nm)	σ_{vak} (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)	$\Delta\sigma$ (cm^{-1})	$E_u(\text{cm}^{-1})$	J_u	$E_l(\text{cm}^{-1})$	J_l
409.1601	24433.41				b	220 *	0.01	35203.8	5.5	10770.40	4.5
421.3951	23724.02	3	4	0.75	b	330 -	-0.02	29162.57	7.5	5438.53	6.5
421.7410	23704.56		21		b Ar	190 *	0.02	32349.13	5.5	8644.59	5.5
426.7051	23428.79	7	25	0.28	b	750 -	0.08	28867.24	6.5	5438.53	6.5
427.7668	23370.65	13	22	0.59	b	140 -	-0.11	28809.29	5.5	5438.53	6.5
429.8294	23258.50	3	15	0.20	b	130 *	0.03	31903.06	6.5	8644.59	5.5
441.6138	22637.86	38	132	0.29	b	380 -	-0.01	22637.87	7.5	0.00	7.5
444.8128	22475.06	10	56	0.18		570 *	-0.12	27913.71	6.5	5438.53	6.5
449.4518	22243.09	30	157	0.19	b	590 *	0.03	22243.06	8.5	0.00	7.5
462.0678	21635.79	12	51	0.24		120 *	-0.07	27074.39	7.5	5438.53	6.5
463.2894	21578.74	1	4	0.25	b	80 *	0.01	32349.13	5.5	10770.40	4.5
518.8195	19269.16	6	16	0.38	b	110 *	0.04	27913.71	6.5	8644.59	5.5
521.8207	19158.34	3	11	0.27	nl	200 +					
554.2048	18038.86	2	3	0.67	b	110 *	-0.03	28809.29	5.5	10770.40	4.5
554.3721	18033.42	16	44	0.36		130 *	0.02	18033.4	7.5	0.00	7.5
556.8100	17954.46	2	5	0.40	b	130 *	-0.03	28724.89	5.5	10770.40	4.5
556.8102	17954.45	2	5	0.40	b	130 *	0.01	35822.86	4.5	17868.42	3.5
581.2567	17199.33	1	2	0.50	b	120 *	-0.01	22637.87	7.5	5438.53	6.5
581.2600	17199.24	1	5	0.20	nc b	160 *	-0.05	35067.71	3.5	17868.42	3.5
588.3325	16992.48	5	16	0.31		190 -	-0.09	22431.10	6.5	5438.53	6.5
615.0079	16255.46	1	3	0.33		130 -	0.00	33146.66	4.5	16891.20	5.5

Tablo 4.5: 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
400.1168	24985.64	11	7	1.57	nl b	400 -
400.8036	24942.82	5	3	1.67	nl	140 +
400.9125	24936.05	3	2	1.50	nl	400 +
401.0911	24924.95	3	2	1.50	nl	220 +
401.1751	24919.73	3	2	1.50	nl	180 *
401.7601	24883.44	6	4	1.50	nl	925 +
402.0514	24865.41	6	4	1.50	nl	120 -
402.3680	24845.85	8	5	1.60	nl	140 *
402.4053	24843.55	51	30	1.70	nl b	515 *
402.7565	24821.88	5	3	1.67	nl	745 -
403.3495	24785.39	3	2	1.50	nl	540 *
403.6563	24766.55	21	13	1.62	nl b	695 +
404.7386	24700.33	5	3	1.67	nl	680 -
405.5533	24650.71	5	3	1.67	nl	1010 *
405.7048	24641.50	6	4	1.50	nl	920 -
405.7578	24638.29	33	21	1.57	b	790 *
405.7611	24638.08	33	21	1.57	nl b	465 +
406.1388	24615.17	14	10	1.40	nl	670 *
406.2308	24609.60	7	5	1.40	nl	670 +
406.3025	24605.26	6	4	1.50	nl	630 -
407.4333	24536.97	6	4	1.50	nl	400 *
408.0698	24498.70	11	7	1.57	nl	300 *
408.2374	24488.64	9	5	1.80	nl	455 -
408.4044	24478.62	9	6	1.50	nl	490 -
409.0438	24440.36	5	3	1.67	nl	710 +
409.1477	24434.15	7	5	1.40	nl	350 *
409.2819	24426.14	11	7	1.57	nl b	290 *
409.3601	24421.48	7	5	1.40	nl b	400 *
409.3748	24420.60	3	2	1.50	nl	335 -
409.6288	24405.46	15	10	1.50	nl	410 +
409.7393	24398.88	14	10	1.40	nl	745 -
410.2068	24371.07	31	21	1.48	nl	490 -
410.5053	24353.35	8	5	1.60		140 *
411.2683	24308.17	35	25	1.40		385 +
411.6369	24286.40	6	4	1.50	nl	200 -
412.3360	24245.23	9	6	1.50	nl	330 -
413.6862	24166.10	5	3	1.67	nl b	295 *
415.1433	24081.28	9	5	1.80	nl	1280 +
415.2248	24076.55	5	3	1.67	nl b	2050 *
415.7538	24045.92	7	5	1.40	nl	320 *

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
416.3003	24014.35	7885	5630	1.40	nl b	350 *
416.6570	23993.79	7	5	1.40	nl	400 *
416.7268	23989.77	8	5	1.60	nl b	420 *
416.7778	23986.84	14	10	1.40	nl b	200 *
416.7808	23986.67	14	10	1.40	nl b	610 *
417.4828	23946.33	13	8	1.63	nl	440 *
417.4943	23945.67	6	4	1.50	nl	530 *
418.2095	23904.72	5	3	1.67	nl	140 *
418.3680	23895.67	15	10	1.50	nl	1450 -
420.3328	23783.97	58	39	1.49	b	1550 +
420.6398	23766.61	7	4	1.75	nl	510 *
420.8066	23757.19	3	2	1.50	nl	1060 -
421.0291	23744.64	5	3	1.67	nl b	730 -
421.0460	23743.69	12	8	1.50	nl	390 -
421.2233	23733.69	5	3	1.67	nl	780 -
421.6498	23709.69	8	5	1.60	nl b	530 *
421.8429	23698.83	5	3	1.67	nl	240 *
422.0223	23688.76	7	5	1.40	nl	250 -
422.1473	23681.74	5	3	1.67	nl	1240 +
422.6858	23651.57	10	7	1.43	nl	650 -
427.0867	23407.86	6	4	1.50	nl	490 +
427.9049	23363.10	5	3	1.67	nl	260 +
428.2703	23343.17	7	5	1.40	nl	540 +
428.6561	23322.16	3	2	1.50	nl	190 *
429.1866	23293.34	6	4	1.50	nl	760 -
429.2410	23290.38	5	3	1.67	nl	250 -
429.6345	23269.05	7	5	1.40	nl b	710 *
430.9078	23200.30	5	3	1.67	nl	430 -
430.9328	23198.95	3	2	1.50	nl	560 -
431.1318	23188.24	15	10	1.50	nl	780 +
432.4198	23119.18	6	4	1.50	nl b	580 -
432.4291	23118.68	6	4	1.50	nl b	1655 +
432.5158	23114.04	5	3	1.67	nl	610 *
432.6713	23105.74	5	3	1.67	nl	300 *
432.8973	23093.67	14	9	1.56	nl b	800 -
432.9048	23093.27	14	9	1.56	b	760 *
433.4293	23065.33	5	3	1.67	nl	710 *
434.0208	23033.90	24	15	1.60	nl b	1830 -
434.3088	23018.62	6	4	1.50	nl	350 *
434.3483	23016.53	18	12	1.50	nl	150 *
435.4983	22955.75	5	3	1.67	nl	1050 -

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, ‘R’ katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
435.6933	22945.48	3	2	1.50	nl	760 *
436.9941	22877.18	5	3	1.67	nl	720 +
437.3456	22858.79	5	3	1.67	nl	100 *
437.4061	22855.63	5	3	1.67	nl	240 +
438.4614	22800.62	5	3	1.67	nl	330 -
439.6228	22740.39	7	4	1.75	nl	420 -
439.7741	22732.56	5	3	1.67	nl	730 -
439.8098	22730.72	10	6	1.67	nl	380 +
440.2395	22708.53	7	5	1.40	nl	170 *
440.2891	22705.97	5	3	1.67	nl	170 *
441.4352	22647.02	5	3	1.67	nl	150 -
441.6944	22633.73	5	3	1.67	nl	1210 *
442.6770	22583.49	8	5	1.60	nl	420 -
443.1403	22559.88	5	3	1.67	nl b	820 +
443.9458	22518.95	13	8	1.63	nl	620 *
444.0838	22511.95	5	3	1.67	nl	570 *
444.3308	22499.44	6	4	1.50	nl	480 *
444.6150	22485.06	9	5	1.80	nl	530 *
444.9678	22467.23	29	20	1.45	nl	130 *
446.9568	22367.25	10	7	1.43	nl	380 -
447.4060	22344.79	3	2	1.50	nl	670 *
447.5178	22339.21	10	7	1.43	nl	800 *
448.6688	22281.91	5	3	1.67	nl b	780 +
448.6760	22281.55	5	3	1.67	nl b	210 *
450.2408	22204.11	6	4	1.50	nl	170 +
452.5324	22091.67	3	2	1.50	nl	360 *
454.2168	22009.75	10	7	1.43	nl	710 *
454.2888	22006.26	7	4	1.75	nl	700 -
454.5358	21994.30	6	4	1.50	nl	960 -
455.5599	21944.86	3	2	1.50	nl b	950 +
455.8603	21930.40	12	7	1.71	nl b	2860 +
456.6743	21891.31	5	3	1.67	nl	360 -
457.7218	21841.21	7	5	1.40		410 -
458.4643	21805.84	5	3	1.67	nl	280 -
460.3523	21716.41	6	4	1.50	nl b	570 -
460.6608	21701.87	21	12	1.75	nl	180 *
460.9393	21688.76	18	12	1.50	nl b	2040 *
461.3986	21667.17	16	10	1.60	nl b	250 +
464.6318	21516.40	12	8	1.50	nl b	530 *
464.6423	21515.91	12	8	1.50	nl b	1510 +

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
465.4796	21477.21	9	5	1.80	nl b	180 +
465.8538	21459.96	6	4	1.50	nl	160 *
466.6102	21425.17	6	4	1.50	nl	150 *
467.3155	21392.83	7	5	1.40	nl	440 -
468.6016	21334.12	7	5	1.40	nl b	150 *
469.2108	21306.42	55	38	1.45	nl b	555 *
470.1661	21263.13	18	12	1.50	nl b	320 -
471.3078	21211.62	5	3	1.67	nl	550 +
471.6926	21194.32	5	3	1.67	nl b	210 -
471.8960	21185.18	5	3	1.67	nl	640 -
472.7425	21147.25	40	28	1.43	nl	140 *
472.9498	21137.98	9	5	1.80	nl	930 +
474.1588	21084.09	3	2	1.50	nl b	560 +
474.1673	21083.71	6	4	1.50	nl b	330 -
474.3688	21074.75	7	5	1.40	nl	350 +
474.7748	21056.73	5	3	1.67	nl	250 +
476.2373	20992.07	17	11	1.55	b	390 -
476.5218	20979.53	6	4	1.50	nl	340 +
477.0138	20957.90	5	3	1.67	nl	750 +
479.3568	20855.46	6	4	1.50	nl	550 -
480.0658	20824.66	6	4	1.50	nl	800 -
480.7218	20796.24	5	3	1.67	nl	1420 *
481.2218	20774.63	3	2	1.50	nl	350 *
481.8253	20748.61	14	8	1.75	nl	110 *
482.0613	20738.46	7	5	1.40	nl b	360 -
482.3373	20726.59	3	2	1.50	nl	1010 -
483.5008	20676.71	10	7	1.43	nl	1720 +
483.6304	20671.17	3	2	1.50	nl b	1330 +
483.6678	20669.57	7	4	1.75	nl b	1620 -
485.5023	20591.47	5	3	1.67	nl	220 -
486.1768	20562.91	5	3	1.67	nl	150 *
487.3116	20515.02	5	3	1.67	nl	350 +
489.4577	20425.07	9	5	1.80	nl	410 *
490.8217	20368.31	7	5	1.40	nl	930 +
492.5091	20298.52	9	6	1.50	nl	190 *
492.6837	20291.33	8	5	1.60	nl	230 -
492.7712	20287.73	3	2	1.50	nl	460 *
494.0147	20236.66	12	8	1.50	nl	500 -
494.3287	20223.81	7	4	1.75	nl b	660 -
494.4357	20219.43	7	4	1.75	nl	280 *

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, *R* katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)
494.5207	20215.96	66	47	1.40	nl	970 -
495.4572	20177.74	6	4	1.50	nl	250 *
495.9957	20155.84	5	3	1.67	nl	210 *
497.3692	20100.18	5	3	1.67	nl	180 -
497.5452	20093.07	7	5	1.40	nl	300 -
497.6612	20088.38	5	3	1.67	nl	200 -
498.5677	20051.86	3	2	1.50	nl	620 *
500.2704	19983.61	6	4	1.50	nl	1130 +
500.6852	19967.06	3	2	1.50	nl	580 *
502.2567	19904.58	7	5	1.40	nl	580 -
505.4837	19777.52	6	4	1.50	nl b	1050 +
505.6547	19770.83	5	3	1.67	nl b	370 *
505.9767	19758.25	7	5	1.40	nl b	490 -
506.1247	19752.47	7	5	1.40	nl b	340 *
506.4169	19741.07	6	4	1.50	nl b	420 -
507.0257	19717.37	5	3	1.67	nl b	230 +
507.1357	19713.09	7	4	1.75	nl	410 -
507.6827	19691.85	6	4	1.50	nl b	1100 +
507.7087	19690.84	8	5	1.60	nl b	620 -
510.9027	19567.74	10	7	1.43	nl	490 -
512.1706	19519.30	5	3	1.67	nl b	430 *
512.4817	19507.45	10	7	1.43	nl	1110 -
514.3177	19437.82	90	53	1.70		230 *
514.6727	19424.41	5	3	1.67	nl	490 *
514.8320	19418.40	20	14	1.43	nl	530 +
515.0297	19410.95	9	5	1.80	nl b	220 *
516.6547	19349.90	5	3	1.67	nl	640 +
517.4035	19321.89	9	5	1.80	nl b	210 +
518.4647	19282.34	6	4	1.50	nl	650 +
518.7210	19272.82	5	3	1.67	nl	420 *
519.6963	19236.65	5	3	1.67	nl	240 *
519.9399	19227.64	5	3	1.67	nl b	550 +
519.9753	19226.33	5	3	1.67	nl	200 *
519.9977	19225.50	7	5	1.40	nl	500 +
520.5347	19205.67	11	7	1.57	nl	740 -
521.3371	19176.11	5	3	1.67	nl	880 -
522.6457	19128.09	3	2	1.50		370 +
524.5353	19059.19	6	4	1.50	nl	390 *
527.0367	18968.73	5	3	1.67	nl	130 *

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
527.3082	18958.96	6	4	1.50	nl	360 *
527.3582	18957.17	3	2	1.50	b	230 *
527.4672	18953.25	7	5	1.40	nl b	290 +
527.4925	18952.34	7	5	1.40	nl	500 +
528.0902	18930.89	9	6	1.50	nl b	450 -
530.9937	18827.38	6	4	1.50	nl	130 -
531.4887	18809.84	9	6	1.50	nl	510 *
532.2102	18784.34	6	4	1.50		1240 -
533.7503	18730.14	5	3	1.67	nl	680 -
533.7787	18729.14	8	5	1.60	nl b	760 +
533.8249	18727.52	5	3	1.67	nl	480 -
533.9032	18724.78	10	7	1.43	nl	400 -
534.0977	18717.96	10	6	1.67	nl b	200 *
534.3108	18710.49	6	4	1.50	nl	150 *
535.4143	18671.93	5	3	1.67	nl	560 *
536.8466	18622.12	5	3	1.67	nl	210 +
537.1407	18611.92	7	4	1.75	nl b	860 -
537.5757	18596.86	9	5	1.80	nl	630 -
538.9320	18550.06	5	3	1.67	nl b	770 *
539.1292	18543.27	11	7	1.57	nl b	260 +
539.3597	18535.35	13	9	1.44	nl b	270 +
539.3680	18535.06	5	5	1.00	nl b	630 *
542.3762	18432.26	11	7	1.57	nl b	330 *
543.5289	18393.17	6	4	1.50	nl	310 +
543.7360	18386.17	6	4	1.50	nl	350 *
543.7818	18384.62	5	3	1.67	nl	270 -
545.2102	18336.45	5	3	1.67	nl	780 +
545.5147	18326.22	3	2	1.50	nl	310 +
545.7302	18318.98	3	2	1.50	nl	260 +
545.7997	18316.65	7	5	1.40	nl	310 -
546.2996	18299.89	3	2	1.50	nl	430 *
547.6835	18253.65	5	3	1.67	nl b	200 -
549.6113	18189.62	14	10	1.40	nl	100 +
553.2777	18069.09	5	3	1.67	nl b	1200 +
553.6797	18055.97	5	3	1.67	nl	430 +
555.9172	17983.30	3	2	1.50	nl	290 -
556.5966	17961.34	5	3	1.67	nl	280 *
557.3916	17935.73	5	3	1.67	b	830 *
558.0251	17915.37	3	2	1.50	nl b	90 *

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, *R* katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)
559.7268	17860.90	3	2	1.50		230 -
559.8057	17858.38	7	5	1.40	nl	540 -
560.0452	17850.75	5	3	1.67	nl b	340 *
560.1814	17846.40	3	2	1.50	nl	170 -
560.8386	17825.49	3	2	1.50	nl b	330 *
561.0789	17817.86	3	2	1.50	nl	320 +
561.0960	17817.32	27	17	1.59	nl	640 -
562.0365	17787.50	6	4	1.50	nl b	640 +
564.0587	17723.73	7	5	1.40		460 +
564.1077	17722.19	3	2	1.50	nl	150 +
564.6801	17704.23	7	5	1.40	nl b	590 *
564.7376	17702.42	7	4	1.75	nl	190 -
564.8497	17698.91	7	5	1.40	nl	310 -
567.1440	17627.31	6	4	1.50	nl	160 *
568.4282	17587.49	5	3	1.67	nl b	260 +
569.8409	17543.89	3	2	1.50	nl	490 +
570.0245	17538.24	3	2	1.50	nl	200 +
570.7212	17516.83	3	2	1.50	nl	190 +
571.3517	17497.50	16	11	1.45	nl b	570 *
571.6805	17487.44	3	2	1.50	nl	400 *
572.0877	17474.99	3	2	1.50	nl	240 -
572.3687	17466.41	7	4	1.75	nl b	850 +
572.4437	17464.12	3	2	1.50	nl b	750 *
572.5396	17461.20	3	2	1.50	nl	290 +
572.8011	17453.22	5	3	1.67	nl	1510 -
573.0507	17445.62	3	2	1.50	nl	220 +
573.4911	17432.23	3	2	1.50	nl	130 *
573.5587	17430.17	3	2	1.50	nl	280 *
573.5715	17429.78	5	3	1.67	nl	220 -
573.9767	17417.48	6	4	1.50	nl	260 +
574.0729	17414.56	7	5	1.40	nl b	430 -
574.1622	17411.85	3	2	1.50	nl b	930 -
574.1677	17411.68	3	2	1.50	nl b	580 *
574.2881	17408.03	3	2	1.50	nl	200 *
574.3307	17406.74	3	2	1.50	nl	190 *
574.3397	17406.47	3	2	1.50	nl	200 *
574.5183	17401.06	3	2	1.50	nl	430 +
575.2469	17379.02	3	2	1.50	nl	550 *
575.3363	17376.32	3	2	1.50	nl	310 *
575.6866	17365.75	3	2	1.50	nl	290 -

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
576.5827	17338.76	3	2	1.50	nl	840 *
576.6232	17337.54	5	3	1.67	nl	600 +
576.6468	17336.83	3	2	1.50	nl	280 *
576.9342	17328.19	3	2	1.50	nl	310 +
577.7134	17304.82	3	2	1.50	nl	330 *
578.5527	17279.72	3	2	1.50	nl	610 -
578.9131	17268.96	3	2	1.50	nl	180 *
580.3722	17225.55	3	2	1.50	nl	140 -
581.1678	17201.96	3	2	1.50	nl	100 +
581.6384	17188.05	3	2	1.50	nl	470 -
582.4399	17164.39	7	5	1.40	nl b	780 *
582.5241	17161.91	7	5	1.40	nl	660 -
583.0411	17146.70	3	2	1.50	nl	440 +
583.7862	17124.81	5	3	1.67	nl	250 *
584.0604	17116.77	3	2	1.50	nl	150 +
584.0799	17116.20	3	2	1.50	nl	270 +
584.0952	17115.75	3	2	1.50	nl	300 +
584.8857	17092.62	3	2	1.50	nl	150 +
585.5299	17073.81	6	4	1.50	nl	130 *
586.2915	17051.64	3	2	1.50	nl	90 -
587.2527	17023.73	8	5	1.60	nl	910 *
587.9022	17004.92	6	4	1.50	nl b	450 +
588.4693	16988.53	5	3	1.67	nl b	560 *
590.6656	16925.36	3	2	1.50	nl	330 -
591.4808	16902.04	3	2	1.50	nl	250 -
592.0833	16884.84	5	3	1.67	nl	520 -
592.3387	16877.56	6	4	1.50	nl b	720 +
593.4207	16846.78	14	10	1.40	nl	260 +
593.8752	16833.89	13	8	1.63	nl	280 -
594.8767	16805.55	6	4	1.50	nl	390 -
595.3292	16792.78	9	5	1.80	nl b	390 -
595.6537	16783.63	6	4	1.50	nl	80 *
595.9687	16774.76	5	3	1.67	nl b	130 *
595.9911	16774.13	3	2	1.50	nl	350 +
596.0422	16772.69	3	2	1.50	nl	360 +
596.2022	16768.19	10	7	1.43	nl	870 -
596.8007	16751.37	3	2	1.50	nl b	310 *
599.5557	16674.40	5	3	1.67	nl b	670 -
602.0954	16604.07	5	3	1.67	nl b	260 +

Tablo 4.5 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, *R* katsayısına göre Ho I veya Ho II olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	<i>R</i>	Tanım	<i>W</i> (mK)
602.2336	16600.26	3	2	1.50	nl	190 -
602.4317	16594.80	7	4	1.75	nl	200 -
603.3335	16569.99	3	2	1.50	nl	200 +
603.3897	16568.45	26	18	1.44	nl	1160 +
604.3447	16542.27	31	21	1.48	nl	980 -
604.4477	16539.45	5	3	1.67	nl	500 -
604.7657	16530.75	7	5	1.40	nl	730 -
605.1552	16520.11	13	9	1.44	nl	380 -
611.1077	16359.20	6	4	1.50	nl	470 -
611.4082	16351.16	3	2	1.50	nl	500 +
612.1870	16330.36	7	5	1.40	nl b	550 *
612.5643	16320.30	3	2	1.50	nl	170 +
613.6487	16291.46	5	3	1.67	nl	300 *
613.7207	16289.55	7	5	1.40	nl	170 -
613.8440	16286.28	12	8	1.50	nl	580 -
614.4801	16269.42	3	2	1.50	nl	190 +
615.3234	16247.12	5	3	1.67	nl	1200 -
615.4091	16244.86	3	2	1.50	nl	200 -
616.6294	16212.71	6	4	1.50	nl	310 -
619.8867	16127.52	9	6	1.50	nl	650 -
657.2470	15210.78	5	3	1.67	nl	140 +
657.4856	15205.26	3	2	1.50	nl	895 +
659.1218	15167.51	3	2	1.50	nl	710 -
659.6077	15156.34	5	3	1.67	nl	660 -
661.5617	15111.58	5	3	1.67	nl	800 +
662.7027	15085.56	6	4	1.50	nl	585 -
662.8019	15083.30	7	4	1.75	nl b	360 *
662.9852	15079.13	6	4	1.50	nl b	420 *
668.7317	14949.55	44	27	1.63	nl b	550 -
669.6987	14927.97	9	6	1.50	nl	415 *
670.6387	14907.04	3	2	1.50	nl	690 +
673.0297	14854.09	7	5	1.40	nl	980 *
674.4194	14823.48	6	4	1.50	nl	180 -
679.3697	14715.47	6	4	1.50	b	200 *
680.9955	14680.33	3	2	1.50	nl	250 *
682.6595	14644.55	5	3	1.67	nl b	560 -
683.6291	14623.78	12	8	1.50	nl	1010 +
684.9956	14594.61	10	7	1.43	nl	845 +
687.5196	14541.03	3	2	1.50	nl	990 +
690.0915	14486.83	3	2	1.50	nl	230 +

Tablo 4.6: 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
400.0096	24992.33	3	5	0.60	nl	390 *
400.5557	24958.26	3	4	0.75	nl	1400 *
402.2318	24854.26	6	8	0.75	nl	1050 -
402.9559	24809.60	3	4	0.75	nl	170 *
403.2138	24793.73	17	23	0.74	nl	1045 -
405.0178	24683.30	4	6	0.67	nl	120 *
406.0148	24622.69	3	5	0.60	nl	280 +
406.4404	24596.91	12	15	0.80	nl	420 +
406.4484	24596.42	7	9	0.78	nl	150 +
406.7610	24577.52	20	29	0.69	nl	260 +
406.9228	24567.75	6	12	0.50	nl b	1350 -
408.5263	24471.32	44	65	0.68	nl b	290 +
408.5601	24469.30	12	15	0.80	nl b	220 *
409.1607	24433.38	971	122	0.80	nl b	220 +
409.8869	24390.09	3	5	0.60	nl	435 *
410.0728	24379.03	981	124	0.79	nl	220 *
410.3118	24364.83	10	14	0.71	nl b	1350 -
410.3138	24364.71	10	14	0.71	nl b	660 *
410.8390	24333.57	13	18	0.72	nl b	1210 -
412.2728	24248.94	16	20	0.80	nl	280 +
412.5173	24234.57	8	10	0.80	nl	345 *
412.9958	24206.49	17	22	0.77	nl	350 -
413.3487	24185.83	4	5	0.80	nl	190 -
413.3555	24185.43	4	6	0.67	nl	510 *
413.7473	24162.53	12	16	0.75	nl	210 *
413.7897	24160.05	7	11	0.64	nl b	395 *
413.8003	24159.43	11	18	0.61	nl b	1250 -
414.0328	24145.87	17	22	0.77	nl	515 -
414.6193	24111.71	3	4	0.75	nl b	1340 -
414.6909	24107.55	4	6	0.67	nl b	250 *
415.3482	24069.40	15	22	0.68	nl	210 *
415.4601	24062.92	9	12	0.75	nl	685 +
415.8694	24039.23	4	6	0.67	nl	125 *
416.5876	23997.79	6	9	0.67	nl	680 *
416.6015	23996.99	6	9	0.67	nl	150 *
418.2365	23903.18	4	6	0.67	nl	230 -
418.3949	23894.13	4	5	0.80	nl	100 *
418.5988	23882.49	15	20	0.75	nl	435 -
418.9698	23861.35	3	4	0.75	nl b	1270 +
419.0922	23854.38	10	16	0.63	nl	140 *

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
419.2884	23843.21	3	5	0.60	nl	250 *
419.6161	23824.59	5	8	0.63	nl b	260 *
419.6424	23823.10	6	8	0.75	nl	500 *
419.6873	23820.55	5	8	0.63	nl	300 *
419.7423	23817.43	3	5	0.60	nl b	980 *
420.0347	23800.85	3	6	0.50	nl	190 *
420.3719	23781.76	6	8	0.75	nl b	150 *
420.4563	23776.99	3	5	0.60	nl	500 -
420.5021	23774.40	12	18	0.67	nl	1300 -
420.5608	23771.08	6	9	0.67	nl	370 -
421.3963	23723.95	3	4	0.75	nl b	370 -
421.9608	23692.21	11	14	0.79	nl	370 -
423.0103	23633.43	5	7	0.71	nl	840 *
423.1196	23627.33	26	43	0.60	nl b	220 *
423.1248	23627.04	17	28	0.61	b	1070 *
423.1303	23626.73	19	28	0.68	nl b	920 -
423.6548	23597.48	3	4	0.75	nl	1230 *
423.7105	23594.38	8	15	0.53	nl	120 *
423.7978	23589.52	22	29	0.76	nl	440 *
424.2418	23564.83	16	22	0.73	nl b	590 +
424.9930	23523.18	4	5	0.80	nl	100 *
425.0008	23522.75	2	3	0.67	nl	430 *
425.1713	23513.31	7	11	0.64	nl b	310 *
425.1935	23512.09	4	7	0.57	nl b	990 *
425.2037	23511.52	5	9	0.56	nl b	910 -
425.7815	23479.62	4	6	0.67	nl	170 *
425.9108	23472.49	9	13	0.69	nl	260 *
426.0778	23463.29	4	5	0.80	nl	580 -
426.0918	23462.52	4	7	0.57	nl	240 -
426.1001	23462.06	4	6	0.67	nl	480 -
426.2941	23451.38	6	11	0.55	nl	160 *
426.5388	23437.93	6	8	0.75	nl	450 -
426.6958	23429.31	5	7	0.71	nl	510 -
427.0668	23408.95	2	4	0.50	nl b	540 +
427.7668	23370.65	16	22	0.73	nl b	390 *
427.9261	23361.95	2	3	0.67	nl	310 *
428.3560	23338.50	2	3	0.67	nl	630 *
428.6365	23323.23	7	9	0.78	nl	150 -
428.6803	23320.85	2	3	0.67	nl	740 *

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
429.9203	23253.58	15	20	0.75	nl	1420 -
430.4358	23225.74	4	5	0.80	nl	380 +
430.5109	23221.68	3	4	0.75	nl	130 +
430.7278	23209.99	3	4	0.75	nl	600 -
430.7738	23207.51	4	5	0.80	nl	250 +
431.2233	23183.32	3	4	0.75	nl	270 +
431.3320	23177.48	7	11	0.64	nl	180 *
431.4263	23172.41	13	20	0.65	nl	400 *
432.0788	23137.42	3	4	0.75	nl	640 *
432.7853	23099.65	4	5	0.80	nl	530 +
433.2763	23073.47	3	4	0.75	nl	310 *
433.9642	23036.90	4	5	0.80	nl	430 -
434.1076	23029.29	3	4	0.75	nl	350 +
435.2963	22966.40	8	13	0.62	nl	880 -
435.9190	22933.60	25	33	0.76	nl	1120 -
436.0999	22924.08	3	6	0.50	nl b	360 -
436.7995	22887.37	7	10	0.70	nl	140 *
436.8283	22885.86	3	4	0.75	nl	120 *
437.1419	22869.44	20	25	0.80	nl b	1270 -
437.1508	22868.98	8	10	0.80	nl b	1100 -
437.2548	22863.54	5	8	0.63	nl	1300 -
437.7233	22839.07	4	6	0.67	nl b	830 +
438.0907	22819.91	6	11	0.55	nl	310 +
438.7663	22784.78	3	4	0.75	nl	830 *
438.8009	22782.98	4	7	0.57	nl	370 +
438.8913	22778.29	12	18	0.67	nl	1300 -
439.0884	22768.06	8	10	0.80	nl b	240 *
439.1240	22766.22	2	3	0.67	nl	1060 *
439.2027	22762.14	6	10	0.60	nl	500 -
439.2268	22760.89	6	10	0.60	nl	130 *
439.4307	22750.33	3	5	0.60	nl	410 +
440.0738	22717.08	7	9	0.78	nl	390 *
440.2618	22707.38	7	9	0.78	nl b	1300 *
440.5503	22692.51	4	7	0.57	nl	420 +
440.6868	22685.48	5	7	0.71	nl	370 *
440.7568	22681.88	13	20	0.65	nl	1290 -
440.7859	22680.38	2	5	0.40	nl	140 *
440.8868	22675.19	8	10	0.80	nl	490 +
440.9958	22669.59	12	18	0.67	nl	500 *

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
441.2608	22655.97	5	12	0.42	nl	410 +
441.5428	22641.50	8	11	0.73	nl	370 +
441.6258	22637.25	3	4	0.75	nl b	1050 -
441.7218	22632.33	7	11	0.64	nl b	1630 +
441.7818	22629.25	6	9	0.67	nl	640 +
441.9144	22622.46	3	4	0.75	nl	880 -
442.2833	22603.60	4	6	0.67	nl	160 -
442.4807	22593.51	3	7	0.43	nl	210 *
442.8698	22573.66	5	8	0.63	nl	711 +
443.2600	22553.79	5	7	0.71	nl b	1130 -
443.6698	22532.96	7	10	0.70	nl	520 *
443.9838	22517.02	15	21	0.71	nl	150 *
444.1088	22510.69	4	5	0.80	nl	950 *
444.1628	22507.95	3	4	0.75	nl	380 *
444.2068	22505.72	5	7	0.71	nl	300 *
444.4936	22491.20	25	33	0.76	nl b	650 *
444.8508	22473.14	3	4	0.75	nl	230 *
445.1733	22456.86	3	5	0.60	nl	480 +
445.2445	22453.27	9	13	0.69	nl b	520 -
445.5738	22436.67	22	34	0.65	nl	170 *
445.9753	22416.48	2	4	0.50	nl	340 +
446.2158	22404.39	10	14	0.71	nl	230 -
446.5117	22389.55	3	4	0.75	nl	130 *
446.6468	22382.78	38	55	0.69	nl b	500 +
446.6688	22381.67	26	33	0.79	nl	350 -
446.7028	22379.97	30	41	0.73	nl	130 *
446.8483	22372.68	3	4	0.75	nl	270 *
447.8778	22321.26	11	14	0.79	nl	130 *
447.9178	22319.26	11	19	0.58	nl	150 *
448.1730	22306.55	10	14	0.71	nl	820 +
448.5268	22288.96	9	14	0.64	nl	300 -
448.6368	22283.49	9	15	0.60	nl	150 *
448.7418	22278.28	3	5	0.60	nl	280 -
448.8498	22272.92	4	6	0.67	nl	750 *
448.9228	22269.30	17	28	0.61	nl	400 +
449.1708	22257.00	40	62	0.65	nl	160 +
449.4410	22243.62	3	4	0.75	nl	220 *
450.3718	22197.65	8	12	0.67	nl	210 +
450.8743	22172.91	30	46	0.65	nl	130 *

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
450.9143	22170.95	40	53	0.75	nl	240 +
450.9998	22166.74	11	14	0.79	nl	550 -
451.2463	22154.63	12	16	0.75	nl b	380 +
451.4778	22143.27	4	5	0.80	nl	670 *
451.6025	22137.16	4	5	0.80	nl b	160 -
451.7433	22130.26	3	4	0.75	nl	440 -
451.9411	22120.57	3	4	0.75	nl	210 +
452.3678	22099.71	6	9	0.67	nl	450 -
452.4658	22094.92	16	20	0.80	nl	360 -
453.4758	22045.71	7	10	0.70	nl	240 *
453.6301	22038.21	3	6	0.50	nl	190 -
454.3648	22002.58	9	14	0.64	nl b	1100 -
454.4238	21999.72	3	4	0.75	nl	410 -
454.7178	21985.50	3	4	0.75	nl	670 +
454.8818	21977.57	4	6	0.67	nl	250 *
455.4258	21951.32	15	20	0.75	nl	190 *
455.5404	21945.80	4	5	0.80	nl	770 *
455.7841	21934.07	5	9	0.56	nl	310 *
455.8438	21931.19	11	15	0.73	nl b	440 *
456.4068	21904.14	3	4	0.75	nl	980 -
456.6468	21892.63	12	17	0.71	nl b	570 +
457.0945	21871.19	14	18	0.78	nl	430 *
457.4793	21852.79	6	10	0.60	nl	450 +
457.7118	21841.69	2	4	0.50	nl	410 -
457.8128	21836.87	43	62	0.69	nl b	330 -
458.0243	21826.79	15	20	0.75	nl	130 *
458.3320	21812.13	3	5	0.60	nl	370 +
458.9366	21783.40	3	4	0.75	nl	210 *
460.5838	21705.50	29	43	0.67	nl	570 +
460.7491	21697.71	17	22	0.77	nl	160 *
461.0938	21681.49	5	7	0.71	nl	610 -
461.2963	21671.97	7	10	0.70	nl	250 +
461.4338	21665.51	4	6	0.67	nl	760 *
461.6768	21654.11	18	24	0.75	nl	920 -
462.0219	21637.94	4	5	0.80	nl	190 -
462.4228	21619.18	13	18	0.72	nl b	330 *
462.8538	21599.05	7	10	0.70	nl	370 +
463.0328	21590.70	3	6	0.50	nl	1450 +
463.2238	21581.79	31	40	0.78	nl	700 -

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
463.5248	21567.78	25	35	0.71	nl	1300 -
463.8748	21551.51	8	11	0.73	nl	410 -
464.4548	21524.59	41	54	0.76	nl	1320 -
464.5898	21518.34	11	16	0.69	nl	220 -
464.8256	21507.42	5	7	0.71	nl	420 -
465.0848	21495.44	37	49	0.76	nl	1180 -
465.1988	21490.17	5	7	0.71	nl	300 *
465.5438	21474.25	9	13	0.69	nl	1630 -
465.7258	21465.85	16	22	0.73	nl	540 -
466.5048	21430.01	20	27	0.74	nl	1220 +
466.9748	21408.44	7	10	0.70	nl	890 -
467.9968	21361.69	4	7	0.57	nl	380 +
468.1268	21355.76	5	7	0.71	nl	760 +
468.2176	21351.62	4	5	0.80	nl	410 +
468.2360	21350.78	5	7	0.71	nl	350 -
468.6398	21332.38	4	6	0.67	nl	490 +
468.9078	21320.19	16	21	0.76	nl	220 +
468.9373	21318.85	15	24	0.63	nl	140 *
469.2928	21302.70	4	5	0.80	nl	200 +
469.6727	21285.47	6	8	0.75	nl b	290 +
469.6860	21284.86	4	5	0.80	nl	340 +
469.9758	21271.74	27	35	0.77	nl	620 +
470.1678	21263.05	8	13	0.62	b	1120 -
470.2738	21258.26	38	48	0.79	nl	490 +
470.7183	21238.19	2	3	0.67	nl	300 -
470.7678	21235.95	11	15	0.73	nl	570 -
470.7888	21235.01	5	7	0.71	nl	540 *
471.1418	21219.10	23	30	0.77		780 -
471.6095	21198.05	26	33	0.79	nl b	1640 -
471.7938	21189.77	33	48	0.69	nl	130 *
472.2574	21168.97	3	5	0.60	nl	90 *
472.3183	21166.24	12	16	0.75	nl b	1560 -
472.3778	21163.58	14	20	0.70	nl	215 *
472.4758	21159.19	12	17	0.71	nl	680 +
472.7963	21144.84	3	4	0.75	nl	160 +
473.4648	21114.99	9	21	0.43	nl b	215 *
473.8068	21099.75	15	23	0.65	nl	200 *
473.8243	21098.97	6	8	0.75	nl	750 *
474.9570	21048.65	3	5	0.60	nl	780 *

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
474.9998	21046.76	6	8	0.75	nl	900 *
475.1338	21040.82	45	60	0.75		950 -
475.2348	21036.35	5	8	0.63	nl	630 +
475.5033	21024.47	11	14	0.79	nl	590 *
476.1348	20996.59	13	17	0.76	nl	500 -
476.3288	20988.03	24	37	0.65	nl	130 +
476.4568	20982.40	10	13	0.77	nl b	1460 +
476.9767	20959.53	2	4	0.50	nl	120 +
477.0977	20954.21	9	12	0.75	nl	540 -
477.1258	20952.98	13	17	0.76	nl	160 *
477.5273	20935.36	17	24	0.71	nl	690 +
477.8293	20922.13	3	4	0.75	nl	230 +
477.8683	20920.42	2	3	0.67	nl	160 -
477.9428	20917.16	26	34	0.76		470 -
477.9783	20915.61	4	5	0.80	nl	350 *
477.9978	20914.75	7	10	0.70	nl	270 -
478.3498	20899.36	12	15	0.80	nl	980 +
478.4458	20895.17	11	15	0.73	nl	640 *
478.8938	20875.62	9	18	0.50	nl b	350 *
479.0873	20867.19	9	12	0.75	nl	880 +
479.8428	20834.34	13	18	0.72	nl	350 +
480.2458	20816.85	3	4	0.75	nl	320 -
480.3388	20812.82	6	8	0.75	nl	345 +
480.3785	20811.10	10	15	0.67	nl	130 *
481.0248	20783.14	11	15	0.73	b	1450 +
481.7393	20752.32	5	7	0.71	nl	360 *
482.5538	20717.29	94 1	120	0.78	nl b	120 *
482.8368	20705.15	4	5	0.80	nl	530 +
482.9083	20702.08	3	4	0.75	nl	260 +
482.9548	20700.09	11	14	0.79	nl	630 +
484.1318	20649.76	24	33	0.73	nl	290 -
484.4193	20637.51	17	22	0.77	nl	210 -
485.296	20600.23	3	4	0.75	nl	550 +
485.5308	20590.27	8	10	0.80	nl	740 -
485.671	20584.32	9	15	0.60	nl	140 +
485.8788	20575.52	59	87	0.68	nl	120 *
486.1506	20564.02	11	14	0.79	nl	270 -
486.2348	20560.45	4	7	0.57	nl	770 +
486.5498	20547.14	3	4	0.75	nl	190 -

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
486.7308	20539.50	3	4	0.75	nl	730 +
486.8138	20536.00	7	10	0.70	nl	450 -
487.1948	20519.94	12	16	0.75	nl	190 +
488.116	20481.22	3	5	0.60	nl	100 *
488.1678	20479.04	10	13	0.77	nl	590 +
488.2061	20477.44	17	23	0.74	nl b	380 -
488.6272	20459.78	3	5	0.60	nl	250 *
488.6567	20458.55	7	9	0.78	nl	390 *
488.8472	20450.58	3	4	0.75	nl	180 *
489.5767	20420.10	6	8	0.75	nl	580 -
489.9015	20406.57	2	3	0.67	nl b	170 +
490.7369	20371.83	11	17	0.65	nl	520 *
491.0072	20360.61	3	4	0.75	nl	420 -
491.0332	20359.53	4	6	0.67	nl	600 +
491.3117	20347.99	18	24	0.75	nl	200 +
491.5297	20338.97	5	7	0.71	nl	1080 +
491.6879	20332.43	20	25	0.80	nl b	165 *
491.7004	20331.91	4	5	0.80	nl	630 *
491.7917	20328.13	3	6	0.50	nl	220 -
491.9797	20320.37	3	5	0.60	nl	290 +
492.3707	20304.23	3	5	0.60	nl b	520 *
493.0659	20275.60	3	5	0.60	nl	160 *
494.5812	20213.48	7	9	0.78	nl	460 +
494.7007	20208.60	5	7	0.71	nl b	770 +
494.7512	20206.54	4	7	0.57	nl	200 +
495.2567	20185.91	14	21	0.67	nl	480 *
495.7123	20167.36	6	11	0.55	nl b	170 *
496.3362	20142.01	29	40	0.73	nl	200 *
496.4197	20138.62	3	4	0.75	nl	560 *
496.8777	20120.06	2	5	0.40	nl	280 *
496.9197	20118.36	3	4	0.75	nl	230 +
497.1012	20111.01	2	4	0.50	nl	360 *
498.1582	20068.34	7	10	0.70	nl b	540 *
500.0407	19992.79	4	5	0.80	nl	150 *
500.5081	19974.12	3	4	0.75	nl	270 *
501.3835	19939.25	13	17	0.76	nl b	160 *
501.4755	19935.59	4	6	0.67	nl	200 *
502.1237	19909.86	5	8	0.63	nl	230 -
503.3962	19859.53	4	6	0.67	nl	180 +
503.7607	19845.16	1281	174	0.74	b	370 -

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
503.7939	19843.85	8	11	0.73	nl b	350 -
503.8937	19839.92	30	38	0.79	nl	270 -
504.0312	19834.51	7	9	0.78	nl	350 -
505.0034	19796.33	7	9	0.78	nl	150 *
505.2197	19787.85	4	10	0.40	nl	290 +
505.4037	19780.65	17	23	0.74	nl	250 +
505.6947	19769.26	4	6	0.67	nl b	540 -
505.7792	19765.96	13	20	0.65	nl	120 *
506.1047	19753.25	6	9	0.67	nl	140 *
507.2207	19709.79	3	5	0.60	nl	560 *
507.8622	19684.89	3	7	0.43	nl	130 +
507.9367	19682.00	7	15	0.47	nl	380 +
508.5157	19659.59	5	7	0.71	nl	500 +
510.6177	19578.67	10	13	0.77	nl b	430 -
511.2741	19553.53	3	5	0.60	nl	740 -
511.5355	19543.54	3	5	0.60	nl	190 -
511.6802	19538.01	3	4	0.75	nl	160 *
513.0817	19484.64	6	8	0.75	nl b	1220 -
515.7977	19382.05	13	28	0.46	nl	220 *
516.434	19358.16	2	4	0.50	nl	240 +
516.9322	19339.51	3	5	0.60	nl	540 +
517.4691	19319.44	6	8	0.75	nl b	290 +
517.7587	19308.64	7	11	0.64	nl	830 -
518.8289	19268.81	8	13	0.62	nl b	170 *
521.996	19151.90	4	5	0.80	nl	510 +
524.5862	19057.34	4	5	0.80	nl	180 -
524.6587	19054.70	4	5	0.80	nl	620 +
525.5017	19024.14	15	19	0.79	nl	830 +
525.7412	19015.47	4	5	0.80	nl b	360 *
527.1267	18965.49	4	5	0.80	nl	270 -
528.4579	18917.72	3	4	0.75	nl b	960 *
530.7307	18836.71	2	6	0.33	nl	80 *
537.6912	18592.86	4	9	0.44	nl	100 *
537.9429	18584.16	5	7	0.71	nl	170 +
538.7461	18556.46	3	4	0.75	nl	100 *
539.5067	18530.30	5	9	0.56	nl	260 -
539.5507	18528.79	4	5	0.80	nl	810 *
541.5757	18459.51	7	10	0.70	nl	230 *
544.3607	18365.07	8	11	0.73	nl	410 +

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
545.4867	18327.16	4	6	0.67	nl	180 -
546.7584	18284.53	4	7	0.57	nl	160 +
547.6727	18254.01	4	5	0.80	nl b	860 +
548.4472	18228.23	7	9	0.78	nl b	250 -
548.5187	18225.85	10	14	0.71	nl b	780 +
548.7045	18219.68	3	4	0.75	nl	90 *
550.7677	18151.43	3	4	0.75	nl	360 +
554.6881	18023.14	2	4	0.50	nl	120 +
555.034	18011.91	2	3	0.67	nl	160 -
555.1097	18009.45	3	4	0.75	nl	120 -
558.9392	17886.07	4	5	0.80	nl	340 +
560.2367	17844.64	3	5	0.60	nl	630 -
561.7214	17797.48	6	10	0.60	nl b	180 *
564.1822	17719.85	7	10	0.70	nl	350 -
566.0277	17662.08	4	5	0.80	nl	160 -
566.1097	17659.52	11	14	0.79	nl	210 -
566.4127	17650.07	3	4	0.75	nl	420 +
569.7452	17546.84	3	4	0.75	nl	480 -
572.6097	17459.06	3	5	0.60	nl	1100 +
574.8153	17392.07	4	5	0.80	nl	540 +
575.7857	17362.76	9	13	0.69	nl	1290 +
576.7843	17332.70	3	4	0.75	nl b	780 +
578.7726	17273.15	4	5	0.80	nl b	130 *
579.4767	17252.17	3	4	0.75	nl	180 -
579.9226	17238.90	2	3	0.67	nl	230 *
580.1364	17232.55	2	3	0.67	nl	620 *
582.5479	17161.21	3	4	0.75	nl	170 *
582.9507	17149.35	13	20	0.65	nl	780 +
586.2542	17052.72	4	5	0.80	nl b	120 +
587.2026	17025.18	10	15	0.67	nl b	350 +
587.3247	17021.64	3	4	0.75	nl	260 *
587.4177	17018.94	12	15	0.80	nl	110 *
589.4494	16960.28	2	3	0.67	nl	100 *
589.6556	16954.35	4	5	0.80	nl	230 +
592.4532	16874.29	3	4	0.75	nl	340 *
593.9398	16832.06	4	5	0.80	nl	980 *
600.9937	16634.5	3	5	0.60	nl	180 -
601.3887	16623.58	4	5	0.80	nl	1630 *
601.7437	16613.77	2	3	0.67	nl	130 +

Tablo 4.6 (devam): 14280 – 25000 cm⁻¹ dalgasayısı aralığında, R katsayısına göre Ho I veya Ho III olarak tanımlanan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm ⁻¹)	S/N (Ar)	S/N (Ne)	R	Tanım	W (mK)
602.911	16581.60	3	5	0.60	nl	850 *
603.4247	16567.49	3	4	0.75	nl b	310 *
603.7956	16557.31	3	4	0.75	nl b	310 -
604.5927	16535.48	3	4	0.75	nl	100 *
604.9452	16525.85	4	5	0.80	nl b	1260 +
608.4757	16429.96	4	5	0.80	nl	290 -
608.5427	16428.15	4	6	0.67	nl	260 -
609.3947	16405.18	6	8	0.75	nl b	540 +
610.2514	16382.15	4	5	0.80	nl	220 -
610.5682	16373.65	7	10	0.70	nl	270 -
610.6157	16372.38	7	9	0.78	nl	260 -
610.9838	16362.52	5	7	0.71	nl b	420 -
611.7152	16342.95	13	21	0.62	nl	390 +
612.0087	16335.12	2	4	0.50	nl	430 -
612.5422	16320.89	4	5	0.80	nl b	820 *
612.8957	16311.48	7	10	0.70	nl	400 *
613.1815	16303.87	3	4	0.75	nl b	750 -
613.5847	16293.16	4	7	0.57	nl	130 *
613.7972	16287.52	6	8	0.75	nl b	1270 *
613.9127	16284.45	2	5	0.40	nl	190 -
616.3347	16220.46	50	85	0.59	nl	210 -
617.8077	16181.79	8	10	0.80	nl b	870 +
619.2474	16144.17	9	13	0.69	nl	130 *
667.3606	14980.27	8	13	0.62	nl	330 -
670.0527	14920.08	3	4	0.75	nl	860 -
671.1563	14895.55	3	4	0.75	nl	170 -
671.5712	14886.34	5	10	0.50	nl	960 -
673.3388	14847.27	7	10	0.70	nl	300 *
678.1409	14742.13	4	5	0.80	nl	460 *
682.2887	14652.51	4	8	0.50	nl b	520 +
683.4657	14627.28	3	4	0.75	nl	170 *
688.0081	14530.70	10	13	0.77	nl	180 -

Tablo 4.7: 14280 – 25000 cm^{-1} dalgasayısı aralığında, R katsayısı belirlenemediği için iyonizasyon derecesi tanımlanamayan çizgiler.

λ_{hava} (nm)	$\sigma_{\text{vak.}}$ (cm^{-1})	S/N (Ar)	S/N (Ne)	Tanım
413.1694	24196.32	-	12	nl bAr
419.0696	23855.66	-	9	nl bAr
436.7830	22888.23	-	4	nl bAr
442.8516	22574.59	6	-	nl bNe
486.5933	20545.31	-	4	nl bAr
520.8427	19194.31	-	8	nl bAr
589.5926	16956.16	-	10	nl bAr

Aşırı İnce Yapı Sabitlerinin Belirlenmesi

Bu çalışma kapsamında, toplam 164 çizginin aşırı ince yapısı incelendi. Bu çizgiler, sınıflandırmaları ile birlikte Tablo 4.8'de listelendi. Çizgilerin fit işlemi sırasında sabit tutulan A ve B aşırı ince yapı sabitlerinin literatürden alınan veya bu çalışmada bulunan değerleri Tablo 4.9'da verildi. Netlik açısından, sadece literatürdeki değerler değil, aynı zamanda bu çalışmada bir çizginin analizi sırasında bulunan ve başka bir çizgi için sabit tutulan değerler de bu listede yer almaktadır. Bu değerler aynı zamanda, bu çalışmada bulunan hfs sabitlerinin listelendiği Tablo 4.10'da ve 4.11'de de yer almaktadır.

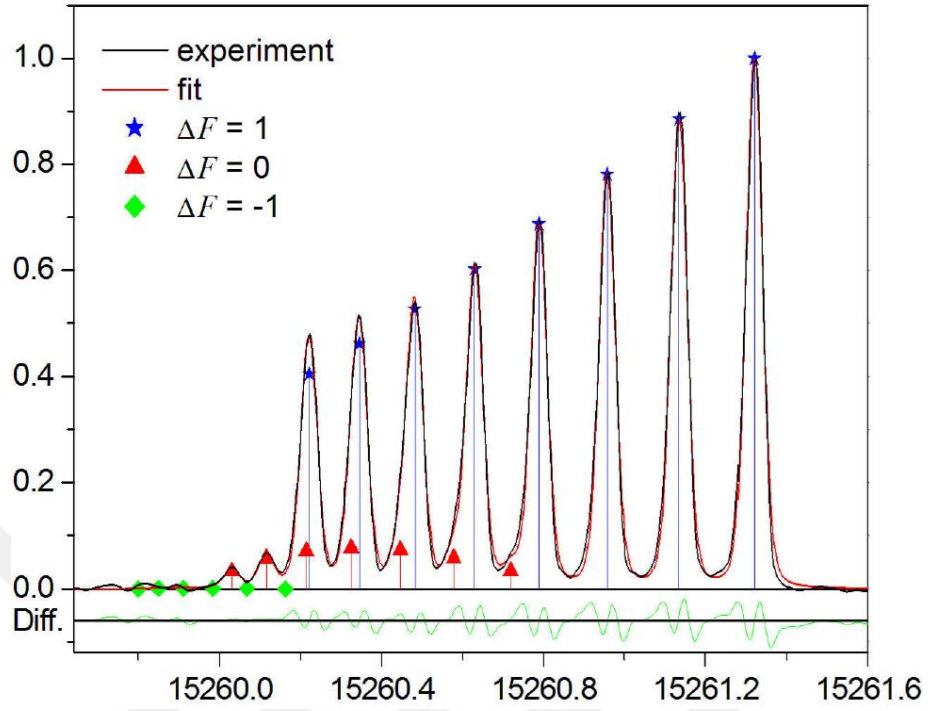
164 çizginin fit edilmesi sonucunda, 57 çift pariteli seviye ve 39 tek pariteli seviye olmak üzere toplamda 96 seviyenin aşırı ince yapı sabitleri belirlendi. Bulunan hfs sabitleri çift pariteli seviyeler için Tablo 4.10'da ve tek pariteli seviyeler için Tablo 4.11'de listelendi. Her bir spektral çizgiye ait fit işleminin sonucunda elde edilen A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitleri, tablolarda ΔA_{fit} ve ΔB_{fit} ile verilen hata genişlikleri, fit edilen çizginin ağırlık merkezi (σ) *aus* çıkış dosyalarından elde edildi.

Tablo 4.8'de, 6. sütununda, spektral geçişin aşırı ince yapısının karakterizasyonu için bir etiket ve 7.sütunda ise, çizgi ile ilgili yorumlar bulunmaktadır. Çizgi yapısının karakterizasyonu için, seçilen etiketler aşağıdaki gibidir:

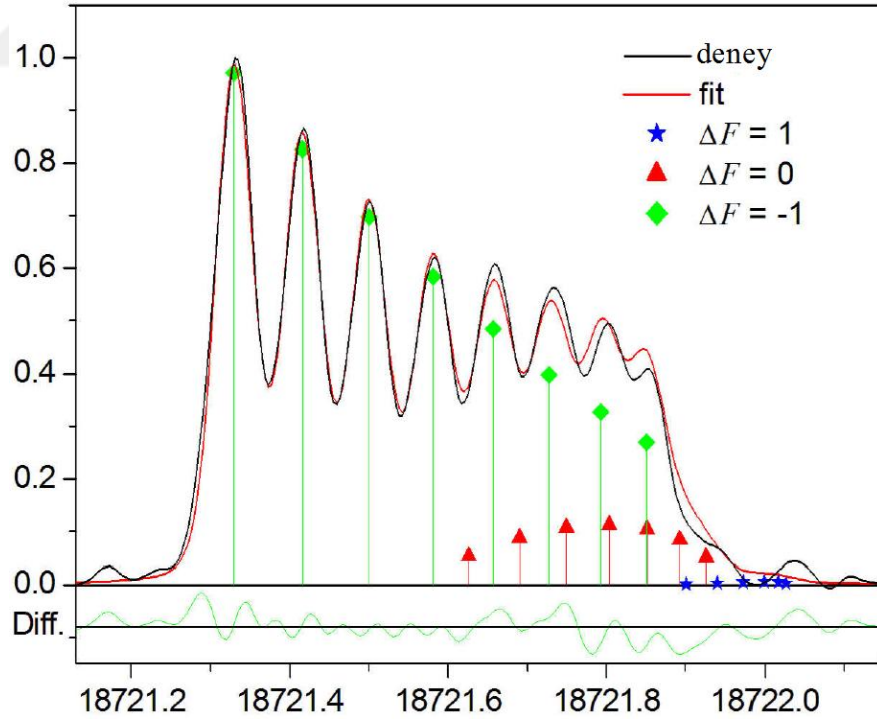
- (1) iyi ayrılmış: 2 ila 5 arasında iyi ayrılmış hfs bileşeni olanlar
- (2) pikleri çok derin olmayan fakat genel itibariyle bileşenleri ayrılmış olanlar
- (3) kısmen ayrılmış olanlar
- (4) tek kanatlı ve iki kanatlı kelebek şeklinde olanlar
- (5) ayrılmamış olanlar.

Bu etiketlerle tanımlanan çizgilere örnekler Şekil 4.1'de görülmektedir.

(a)

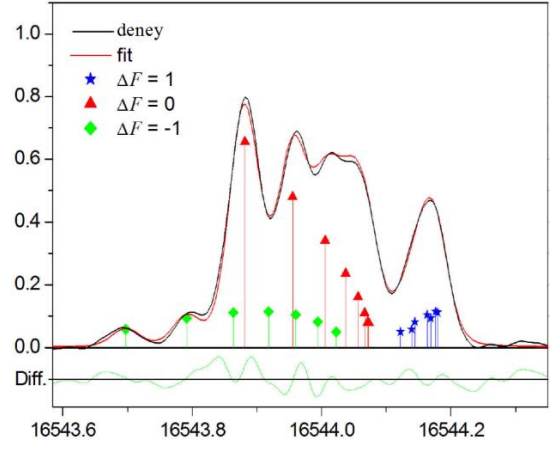
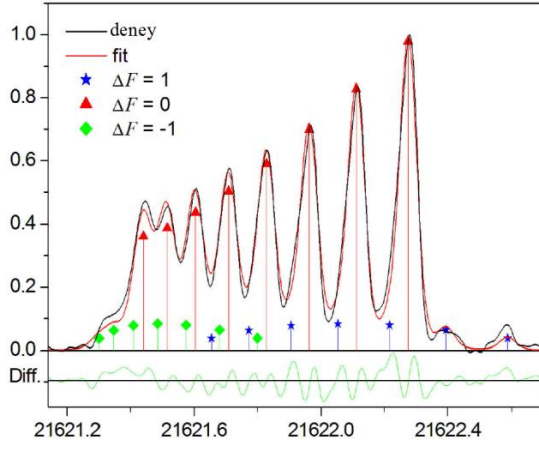


(b)

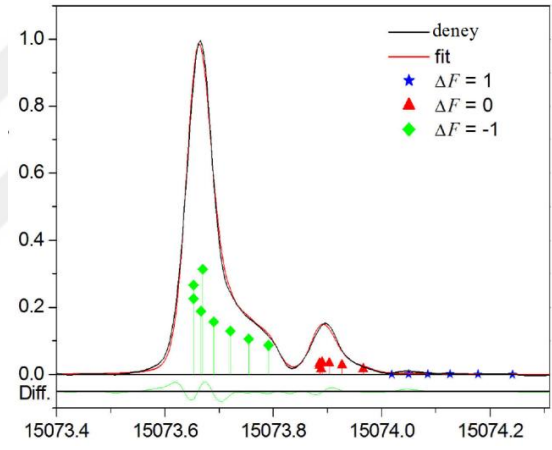
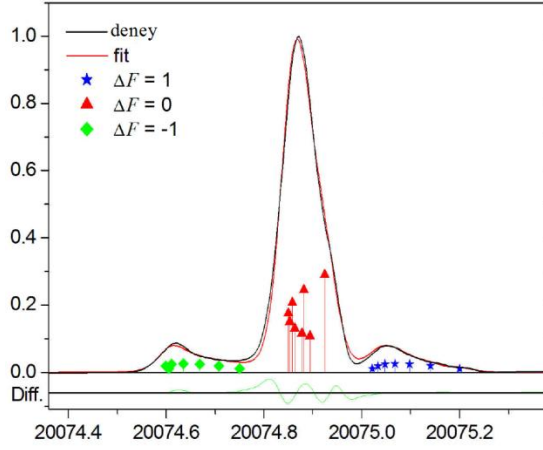


Şekil 4.1: Aşırı ince yapıların gösterdiği karakteristik spektrumlara örnekler. **(a):** (1) nolu duruma, **(b):** (2) nolu duruma, **(c):** (3) nolu duruma, **(d):** (4) nolu duruma, **(e):** (5) nolu duruma örnek olarak gösterilmektedir. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir. x-ekseni, cm⁻¹ cinsinden dalga sayısını ve y-ekseni bağıl şiddeti göstermektedir.

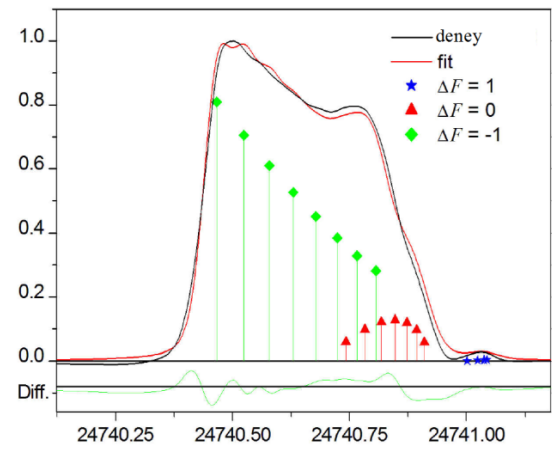
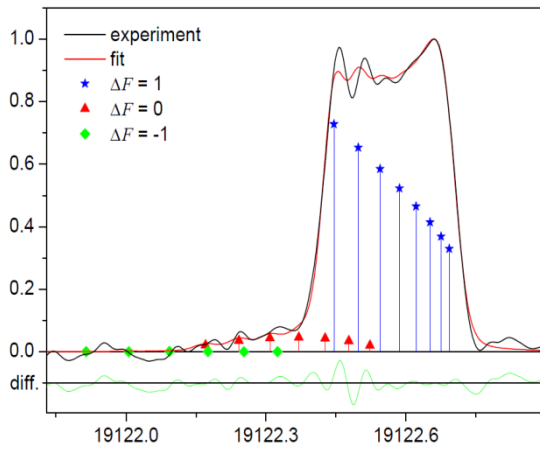
(c)



(d)



(e)



Şekil 4.1 (devam): Aşırı ince yapıların gösterdiği karakteristik spektrumlara örnekler. **(a):** (1) nolu duruma, **(b):** (2) nolu duruma, **(c):** (3) nolu duruma, **(d):** (4) nolu duruma, **(e):** (5) nolu duruma örnek olarak gösterilmektedir. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir. x-ekseni, cm⁻¹ cinsinden dalga sayısını ve y-ekseni bağıl şiddeti göstermektedir.

Aşırı ince yapı sabitleri bulunan 96 seviyenin 45'i en az iki farklı geçiş ile analiz edildi. Eğer A ve B sabitleri birden fazla çizginin analizi ile belirlendiyse elde edilen A_{fit} ve B_{fit} değerleri, Tablo 4.10'da ve Tablo 4.11'de, ölçüldükleri her bir çizgi için ayrı ayrı belirtildi. Tablolarda, A_{fit} değerleri ile birlikte $[\Delta A_{\text{fit}}]$ hata değerleri de,

$$\Delta A_{\text{fit}} = \sqrt{(\Delta A_{\text{Fitter}})^2 + (\Delta A_{\text{lit.}})^2} \quad (4.1)$$

formülü ile hesaplanarak verildi. Aynı formül B_{fit} hfs sabitleri için de kullanıldı. A_{fit} ve B_{fit} için hata değerinin iki faktöre bağlı olduğu görülmektedir. Bunlar:

- ✓ *Fitter* programı tarafından hesaplanan ΔA_{Fitter}
- ✓ Fit sırasında sabit tutulan enerji seviyesinin literatürde verilen hataları $\Delta A_{\text{lit.}}$
- ✓ Satürasyon sebebiyle iyi ayırtamayan çizgiler için *Fitter*'in hesapladığı hata (ΔA_{Fitter}) 2 ile çarpılarak verildi. Bu çizgiler Tablo 4.10'da ve Tablo 4.11'de, 'e' harfi ile gösterildi. Aynı zamanda gürültü oranı yüksek olan çizgiler için de *Fitter*'in hesapladığı hata (ΔA_{fitter}) 2 ile çarpıldı. Bu çizgiler tabolarda, 'n' harfiyle gösterildi.

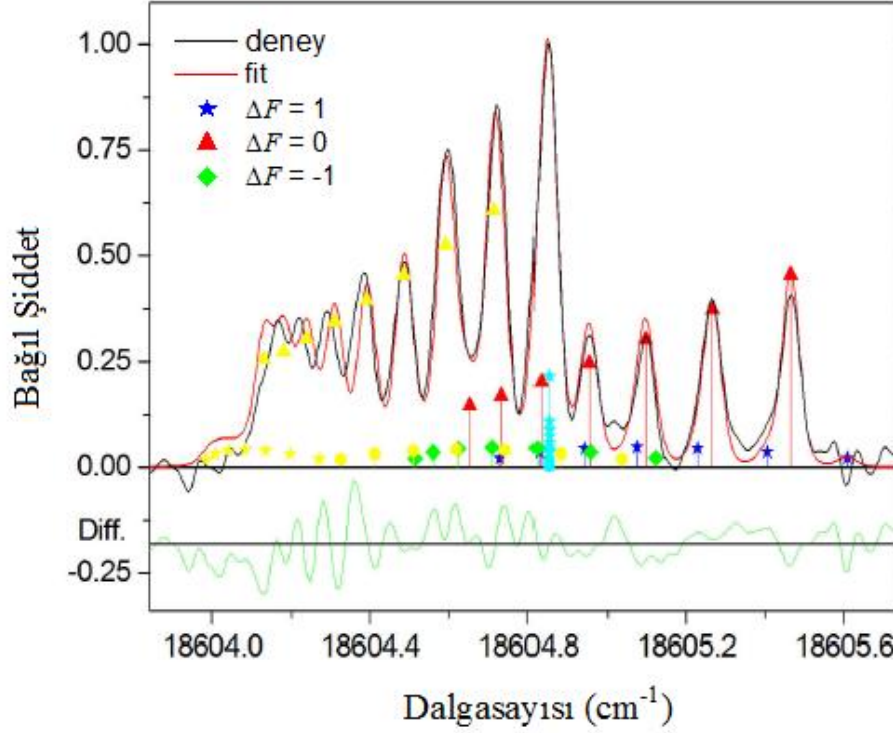
Takip eden sütunda bu değerlerin $A_{\text{ağ.ort.}}$ ve $B_{\text{ağ.ort.}}$ ağırlıklı ortalama değerleri verildi. Ağırlıklı ortalamalar A_{fit} ve B_{fit} değerleri için bulunan hataların (ΔA_{fit} ve ΔB_{fit}) karesinin tersi ile orantılı olarak bulundu:

$$A_{\text{ağ.ort.}} = \frac{\sum_i \left[\frac{A_{\text{fit},i}}{(\Delta A_{\text{fit},i})^2} \right]}{\sum_i \left[\left(\frac{1}{\Delta A_{\text{fit},i}} \right)^2 \right]} \quad (4.2)$$

Aynı formüller $B_{\text{ağ.ort.}}$ sabiti için de geçerlidir.

Yukarıda tartışıldığı gibi, spektrumumuzdaki asimetri nedeniyle, fiziksel modelleme kusurlu kalmıştır. Kusurlu modelleme de gerçeğe yansır. Fit edilen spektrumdaki *fark eğrileri* (deneysel spektrum - en iyi fit sektrumu) sadece gürültü değil, aynı zamanda bir yapı gösterir. Bu nedenle, *Fitter* programı tarafından hesaplanann güven aralıkları, simetrik bir spektrum için olduğu kadar doğru değildir. Ağırlıklı ortalama değerleri için hata miktarının hesabı aşağıdaki formül [58] kullanılarak hesaplandı:

$$\Delta A_{\text{fit},i} = \frac{\sqrt{\sum_i \left[\frac{(\Delta A_{\text{fit},i})^2 + (A_{\text{ağ.ort}} - A_{\text{fit},i})^2}{(\Delta A_{\text{fit},i})^4} \right]}}{\sum_i \left[(\Delta A_{\text{fit},i})^{-2} \right]}$$



Şekil 4.2: 537.34 nm dalgaboyunda blend olan 3 çizgi: En sağda incelenmek istenen çizginin üst enerji seviyesinin J kuantum sayısı ($J = 13/2$ veya $J = 15/2$) kesin olarak bilinmemektedir. $J = 13/2$ için fit edilen spektrum görülmektedir. Çizginin sınıflandırılmayan bir başka çizgi ile blend olması sebebiyle fit analizi sonucunda da iki mümkün J değerlerinden hangisinin doğru olduğu belirlenemedi, her iki olasılık için de aşırı ince yapı sabitleri bulundu. Sınıflandırılmayan çizgi tam merkezde en şiddetli piktir. Şeklin en altındaki yeşil spektrum, fit spektrumu ile deneysel spektrum arasındaki farkı ifade etmektedir. Şekilde ayrıca aşırı ince yapı bileşenleri, alt ve üst seviyelerin F toplam açısal momentum kuantum sayıları arasındaki farka bağlı gruplara göre renklendirildi.

Şekil 4.2'te, 18605.00 cm^{-1} dalgasayısı ile tanımlanan çizgi için özel bir durum görülmektedir. Aşırı ince yapısı incelenmekte olan çizgi, biri sınıflandırılmamış iki komşu çizgi ile karışmıştır. İlginç çizgi sağ taraftadır. Sınıflandırılmayan çizgi, 'çizgi salatası'nın ortasındaki güçlü bir bileşenden oluşmaktadır. Bu sınıflandırılmayan çizginin sol tarafta çok zayıf bir piki olduğu göz ardı edilemez, ancak bu pik fiti büyük ölçüde etkilemez. Bu nedenle, bu sınıflandırılmamış çizgi için sadece şiddetli pike ait aşırı ince yapıların süperpozisyonunu belirledik. Buna ek olarak, incelenen çizginin üst seviyesinin (39098.76 cm^{-1}) J kuantum sayısı açıkça tanımlanmamıştır. Martin ve diğ. [20], bu seviye için toplam açısal momentum kuantum sayısının, $J = 13/2$ veya $J = 15/2$ değerlerini alabileceğini ifade etmişlerdir. Aşırı ince yapının sol kısmı blend çizgileriyle maskelendiğinden, doğru J değerinin hangisi olduğuna karar verilemedi. Bu nedenle bu çizgi için, her iki seçenek ile fit yapıldı ve

tablolarda her iki sonuç da verildi. Elde edilen fit kalitesi her iki durumda da benzerdir. J 'nin değişimi, her iki seçenek için sadece ağırlık merkezlerinin biraz farklılaşmasına neden oldu.

Bu çalışmada, 54 seviyenin aşırı ince yapı sabitleri sabitleri ilk defa ölçüldü. Her bir spektral çizgiye ait fit işleminin sonucunda elde edilen A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitleri, sırasıyla çift ve tek pariteli seviyeler için, Tablo 4.10'da ve Tablo 4.11'de verildi. Aşırı ince yapı sabitleri daha önceki çalışmalarda bulunan seviyeler için bu referans değerleri $A_{\text{ref.}}$ ve $B_{\text{ref.}}$ de tablolarda verildi. Belirli bir seviye için birden fazla referans değeri yayınlanmışsa, sadece en kesin olan tercih edildi. Değerlerimiz, çoğunlukla referans değerleri ile hata sınırları içerisinde uyumludur. Bazı seviyeler için, ortalama $A_{\text{ort.}}$ ile karşılık gelen referans değerleri $A_{\text{ref.}}$ arasındaki fark, hata sınırlarını % 1'i fark ile geçmektedir. Bunun bir istisnası, 41124.70 cm^{-1} seviyesidir, burada A sabiti için sonuçlarımız Stefanska'da [37] verilen değerlerden yaklaşık %10 sapma göstermektedir. Çalışmada, tutarsızlık için herhangi bir sebep bulunamadı. İki farklı spektral çizginin aşırı ince yapısı analiz edilerek bu seviyenin A ve B sabitleri belirlendi. Her iki çizgiden elde edilen sonuçların tutarlılığı açıktır (bkz. Tablo 4.10). B sabitlerinin tutarsızlığı ise, bazı durumlarda % 1'den daha büyüktür, ancak hata limitinin iki katını geçmez.

Tablo 4.8'in üçüncü sütununda her çizgi için verilen $\Delta\sigma$ farkının mutlak değerinin ortalaması 0.08 cm^{-1} olup, $0.01 - 0.47 \text{ cm}^{-1}$ aralığında değişmektedir. Birçok değer, sınıflandırılan çizgilerin $\Delta\sigma$ değerlerinin ortalamasından (0.005 cm^{-1}) daha büyüktür. Bu da bize, $H\alpha$ I için enerji seviyesi değerlerinin hata payının beklenenden daha büyük olduğunu göstermiştir.

Tablo 4.8: Fourier transform spektrumunun analizi ile aşırı ince yapı sabitleri belirlenen seviyelerin ait olduğu spektral çizgiler.

λ_{hava} (nm)	σ (cm ⁻¹)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	S/N	W	Etiket	Tanım	Üst Seviye			Alt Seviye		
							E_u (cm ⁻¹)	p	J	E_l (cm ⁻¹)	p	J
401.6578	24889.78	-0.06	155	52	4		33268.75	o	17/2	8378.91*	e	17/2
403.1713	24796.35	-0.07	139	120	5		34537.92	o	17/2	9741.50*	e	19/2
406.8036	24574.95	-0.18	387	-192	4		35270.88	e	9/2	10695.75*	o	9/2
407.1787	24552.31	-0.10	218	173	4		34293.91	o	17/2	9741.50*	e	19/2
407.4454	24536.24	-0.17	34	886	3		34277.91	o	19/2	9741.50*	e	19/2
410.6457	24345.02	0.02	381	-204	4		35040.75	e	9/2	10695.75*	o	9/2
411.1957	24312.46	-0.15	637	163	4		32917.77	e	11/2	8605.16*	o	11/2
411.8908	24271.43	-0.10	95	776	3	n	34013.03	o	19/2	9741.50*	e	19/2
412.3514	24244.32	-0.02	406	-30	4		32671.45	o	15/2	8427.11*	e	15/2
412.5631	24231.88	-0.17	2035	60	4	e, n	32837.21	e	11/2	8605.16*	o	11/2
413.4500	24179.90	-0.15	394	-458	2		32785.21	e	9/2	8605.16*	o	11/2
420.3416	23783.47	-0.19	58	1269	1	b	35473.43	o	21/2	11689.77*	e	19/2
420.9187	23750.87	-0.19	16	598	3	n	32898.14	o	13/2	9147.08*	e	13/2
422.0534	23687.01	-0.08	10	-857	3		44904.20	o	21/2	21217.11*	e	19/2
422.2327	23676.96	-0.11	2906	-78	4		29096.77	e	11/2	5419.70*	o	13/2
422.7041	23650.55	0.47	2906	-78	4	e, n	29069.78	e	11/2	5419.70*	o	13/2
424.3786	23557.23	-0.12	352	251	4		34879.66	o	21/2	11322.31*	e	21/2
425.4406	23498.43	-0.14	5478	1336	2	e, n	23498.57	e	17/2	0.00*	o	15/2
426.4025	23445.42	0.14	8602	105	4	e, n	23445.28	e	15/2	0.00*	o	15/2
426.6001	23434.56	0.03	621	-503	2		32039.69	e	9/2	8605.16*	o	11/2
427.7201	23373.20	-0.13	112	-674	2	b	28793.03	e	11/2	5419.70*	o	13/2
428.5935	23325.57	-0.17	37	1009	3		34648.05	o	21/2	11322.31*	e	21/2
429.1013	23297.97	-0.15	98	-406	3	b	31903.28	e	11/2	8605.16*	o	11/2
429.2332	23290.81	-0.15	37	212	4		33986.71	e	11/2	10695.75*	o	9/2
430.7939	23206.43	-0.12	117	517	2		34737.11	o	19/2	11530.56*	e	17/2
431.1031	23189.79	-0.10	237	326	4		34879.66	o	21/2	11689.77*	e	19/2
431.4803	23169.51	-0.05	46	-550	2		35514.11	o	11/2	12344.55*	e	13/2
435.1978	22971.60	-0.10	54	524	2		34502.26	o	19/2	11530.56*	e	17/2
435.4534	22958.12	-0.16	40	1088	1		34648.05	o	21/2	11689.77*	e	19/2
436.1104	22923.53	0.00	7	-1167	3	b	44904.2	o	21/2	21980.67*	e	23/2
436.4180	22907.37	-0.08	80	56	4		36001.87	e	7/2	13094.42*	o	9/2
442.0279	22616.65	-0.11	26	-16	4	e, n	33312.51	e	11/2	10695.75*	o	9/2
444.4664	22492.58	-0.09	230	-537	2		33188.42	e	7/2	10695.75*	o	9/2
446.9078	22369.70	-0.04	20	-434	5	n	34714.29	o	11/2	12344.55*	e	13/2
449.6014	22235.69	-0.07	94	-484	2		32931.51	e	7/2	10695.75*	o	9/2
453.1300	22062.54	-0.08	227	-537	2	b	32758.37	e	7/2	10695.75*	o	9/2
455.0373	21970.06	-0.05	74	199	4		34309.15	o	13/2	12339.04*	e	15/2
455.7044	21937.90	-0.10	143	-329	4		32633.75	e	7/2	10695.75*	o	9/2
456.2467	21911.83	-0.07	685	784	3		30339.01*	o	13/2	8427.11	e	15/2
456.3487	21906.93	-0.05	27	615	2		37762.26	o	17/2	15855.28*	e	15/2
460.2447	21721.49	-0.09	130	844	3		27141.28	e	13/2	5419.70*	o	13/2
460.5282	21708.12	-0.08	137	628	2		30135.31*	o	17/2	8427.11	e	15/2
461.3359	21670.11	-0.08	602	767	3	b	30049.10*	o	15/2	8378.91	e	17/2
462.1640	21631.28	-0.08	52	-392	3		34714.29	o	11/2	13082.93*	e	11/2
462.3647	21621.89	-0.10	78	844	3		30049.10*	o	15/2	8427.11	e	15/2
464.1650	21538.03	0.03	432	1283	1		26957.70	e	15/2	5419.70*	o	13/2

Tablo 4.8 (devam): Fourier transform spektrumunun analizi ile aşırı ince yapı sabitleri belirlenen seviyelerin ait olduğu spektral çizgiler.

λ_{hava} (nm)	σ (cm ⁻¹)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	S/N	W	Etiket	Tanım	Üst Seviye			Alt Seviye		
							E_u (cm ⁻¹)	p	J	E_l (cm ⁻¹)	p	J
465.4373	21479.16	-0.04	30	591	2		40051.48*	e	17/2	18572.28	o	15/2
466.8672	21413.37	0.03	31	52	4	n		e	15/2	18737.79*	o	17/2
468.0489	21359.31	-0.05	27	107	5	n		o	13/2	16882.31*	e	15/2
469.6519	21286.41	-0.04	115	51	4	b		o	15/2	17059.35*	e	13/2
471.9616	21182.24	-0.08	146	89	4		38241.67	o	13/2	17059.35*	e	13/2
471.9861	21181.14	-0.12	19	1283	1		37619.29	o	19/2	16438.03*	e	17/2
472.7575	21146.58	-0.17	17	785	1	n		e	13/2	8605.16*	o	11/2
474.8713	21052.45	0.01	46	335	4	n		o	17/2	16709.82*	e	17/2
475.0436	21044.81	0.01	140	93	4		21044.81	e	13/2	0.00*	o	15/2
475.3077	21033.12	-0.13	84	-644	2		29638.41	e	9/2	8605.16*	o	11/2
476.0459	21000.51	0.08	11	-517	3		41124.70	e	19/2	20124.27*	o	19/2
476.2121	20993.18	0.07	20	-900	3		40270.03	e	17/2	19276.92*	o	15/2
478.1194	20909.43	-0.04	143	602	2	b		o	19/2	16709.82*	e	17/2
478.6325	20887.02	-0.06	34	-1005	3	a		o	23/2	21494.89*	e	21/2
481.6291	20757.07	-0.09	18	-976	3	b		o	19/2	20498.73*	e	17/2
486.6351	20543.54	-0.17	12	1164	1	n		o	17/2	16882.31*	e	15/2
486.8566	20534.20	-0.20	10	-1122	3	b		o	17/2	20167.18*	e	15/2
487.0928	20524.24	0.26	35	-766	2		40648.25	e	17/2	20124.27*	o	19/2
487.4136	20510.73	-0.23	256	110	4	a		e	13/2	5419.70*	o	13/2
487.7989	20494.53	-0.08	76	-558	2		25914.31	e	11/2	5419.70*	o	13/2
487.9747	20487.15	-0.09	54	-854	3	b		o	21/2	21217.11*	e	19/2
488.5229	20464.15	0.01	14	-1127	1	a		e	19/2	20210.50	o	21/2
491.8220	20326.88	-0.02	62	93	4		32671.45	o	15/2	12344.55*	e	13/2
492.6322	20293.45	-0.07	10	-627	3		41124.70	e	19/2	20831.18*	o	19/2
494.6816	20209.38	-0.08	33	-982	3	b		o	21/2	21494.89*	e	21/2
494.8453	20202.70	-0.15	30	-1194	3	b		o	17/2	20498.73*	e	17/2
495.2115	20187.76	-0.11	76	-584	3		28793.03	e	11/2	8605.16*	o	11/2
497.9957	20074.89	0.00	16180	40	4	e, n		e	15/2	0.00*	o	15/2
498.8950	20038.71	-0.08	42	-921	3	b		o	19/2	21217.11*	e	19/2
499.5047	20014.25	-0.08	864	398	2		28393.24*	o	19/2	8378.91	e	17/2
499.9544	19996.24	0.10	50	-923	3	b		e	17/2	19276.92*	o	15/2
502.3225	19901.98	-0.06	44	-1236	1		40069.22	o	13/2	20167.18*	e	15/2
503.5602	19853.06	0.13	18	-495	2		25272.63	e	15/2	5419.70*	o	13/2
503.8047	19843.43	-0.03	31	-749	3	b		e	19/2	20831.18*	o	19/2
504.0122	19835.26	0.02	7	650	3	n		e	15/2	20315.89*	o	17/2
504.2401	19826.29	-0.13	934	151	4		37709.99	o	21/2	17883.57*	e	19/2
504.4724	19817.16	-0.02	493	-185	5	d		o	17/2	8427.11	e	15/2
504.4910	19816.43	-0.14	46	772	1	d		o	21/2	9741.50	e	19/2
505.0447	19794.71	-0.02	22	-941	3	b, d		o	17/2	19276.92*	e	15/2
505.0653	19793.90	-0.03	24	658	3	d		o	13/2	18651.53*	e	15/2
506.4982	19737.90	-0.05	108	-791	3		34868.26	o	17/2	15130.31*	e	17/2
507.7368	19689.75	0.09	31	-919	3	b		e	15/2	19276.92*	o	15/2
508.6027	19656.23	0.00	31	-109	5	n		e	17/2	20613.80*	o	17/2
508.9591	19642.47	-0.03	38	36	4		35434.63	o	13/2	15792.13*	e	11/2
510.3183	19590.15	0.01	23	-621	2	n		o	13/2	18651.53*	e	15/2
511.8933	19529.88	0.08	16	-905	3	b		e	15/2	19276.92*	o	15/2
514.4001	19434.70	-0.12	139	523	2		37772.62	o	19/2	18337.80*	e	17/2

Tablo 4.8 (devam): Fourier transform spektrumunun analizi ile aşırı ince yapı sabitleri belirlenen seviyelerin ait olduğu spektral çizgiler.

λ_{hava} (nm)	σ (cm ⁻¹)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	S/N	W	Etiket	Tanım	Üst Seviye			Alt Seviye		
							E_u (cm ⁻¹)	p	J	E_l (cm ⁻¹)	p	J
517.4297	19320.91	0.09	63	-371	3		24740.52	e	13/2	5419.70*	o	13/2
518.0961	19296.06	-0.04	52	-180	5		40674.64	e	19/2	21378.54*	o	17/2
518.2074	19291.92	-0.15	1395	781	2		27670.98*	o	19/2	8378.91	e	17/2
518.5167	19280.41	-0.01	39	-212	4	n		o	13/2	16154.21*	e	15/2
522.7967	19122.57	-0.05	46	-246	5		40674.64	e	19/2	21552.02*	o	17/2
523.6548	19091.23	-0.13	288	982	1		27470.27*	o	19/2	8378.91	e	17/2
523.7389	19088.17	-0.05	60	-271	4		37426.02	o	17/2	18337.80*	e	17/2
523.9117	19081.87	-0.04	11	1151	3	n		e	15/2	21069.22*	o	15/2
525.0346	19041.06	0.06	138	-311	5	n		o	13/2	12339.04*	e	15/2
525.2725	19032.44	0.11	58	-527	3	d		e	19/2	20124.27*	o	19/2
525.2863	19031.94	-0.06	14	1011	3	d		e	15/2	21069.22*	o	15/2
527.7635	18942.61	-0.05	29	-506	3		29638.41	e	9/2	10695.75*	o	9/2
529.4392	18882.65	-0.07	32	815	3	n, b		o	19/2	15130.31*	e	17/2
532.4926	18774.38	-0.11	25	432	3	n		o	17/2	18651.53*	e	15/2
533.6348	18734.20	-0.06	13	-637	3		34888.46	o	15/2	16154.21*	e	15/2
533.9965	18721.51	0.00	98	-527	2		24141.21	e	11/2	5419.70*	o	13/2
535.3847	18672.96	0.02	8	421	3	n		e	17/2	21378.54*	o	17/2
535.7767	18659.30	0.04	44	-146	4		39273.06	e	17/2	20613.80*	o	17/2
537.3389	18605.05	0.05	10	886	3	a, c, j	39098.76	e	13/2	20493.76*	o	13/2
537.3396	18605.03	0.03							15/2			
537.9940	18582.40	0.05	31	-203	4		40265.25	e	15/2	21682.90*	o	15/2
538.4571	18566.42	-0.04	62	229	5		40051.48	e	17/2	21485.02*	o	19/2
540.7091	18489.09	0.02	195	-508	3		38613.34	e	21/2	20124.27*	o	19/2
541.1873	18472.75	-0.07	40	717	2		38966.58	e	15/2	20493.76*	o	13/2
541.8431	18450.40	-0.03	18	-688	2		34888.46	o	15/2	16438.03*	e	17/2
542.4375	18430.18	-0.05	48	-810	3		34868.26	o	17/2	16438.03*	e	17/2
542.5736	18425.56	-0.01	18	-770	1		39910.59	e	17/2	21485.02*	o	19/2
543.2457	18402.76	-0.08	33	-975	3		38613.34*	e	21/2	20210.50	o	21/2
544.2570	18368.57	-0.01	13	621	2	n		e	17/2	21682.90*	o	15/2
544.5523	18358.61	0.04	13	-649	3		39910.59	e	17/2	21552.02*	o	17/2
545.5396	18325.38	-0.04	14	-636	3	n		e	19/2	20831.18*	o	19/2
546.3826	18297.11	0.00	26	-243	3	n		o	13/2	13082.93*	e	11/2
548.1694	18237.47	-0.10	125	682	2		26664.68*	o	17/2	8427.11	e	15/2
548.9770	18210.64	-0.07	102	575	2		26637.82*	o	17/2	8427.11	e	15/2
549.1830	18203.81	-0.03	9	723	2		39273.06	e	17/2	21069.22*	o	15/2
549.8534	18181.61	-0.07	294	667	3		27923.18*	o	17/2	9741.50	e	19/2
551.5126	18126.92	-0.01	13	726	2	n		e	15/2	22024.20*	o	13/2
553.0364	18076.97	-0.05	11	597	2	b		e	15/2	22024.20*	o	13/2
554.6095	18025.70	0.12	108	58	4		23445.28	e	15/2	5419.70*	o	13/2
556.7436	17956.60	0.05	15	-1111	3	n		e	15/2	19276.92*	o	15/2
557.3845	17935.96	0.02	61	172	4	b		o	11/2	12344.55*	e	13/2
559.1168	17880.39	0.14	41	779	1		39904.45	e	15/2	22024.20*	o	13/2
559.3694	17872.31	-0.08	15	441	3	b		e	15/2	22392.86*	o	13/2
561.3655	17808.76	-0.11	42	412	3		38124.76	e	17/2	20315.89*	o	17/2
562.2093	17782.03	-0.13	16	-594	3		38613.34	e	21/2	20831.18*	o	19/2

Tablo 4.8 (devam): Fourier transform spektrumunun analizi ile aşırı ince yapı sabitleri belirlenen seviyelerin ait olduğu spektral çizgiler.

λ_{hava} (nm)	σ (cm ⁻¹)	$\Delta\sigma$ (cm ⁻¹)	S/N	W	Etiket	Tanım	Üst Seviye			Alt Seviye		
							E_u (cm ⁻¹)	p	J	E_l (cm ⁻¹)	p	J
563.6227	17737.44	-0.06	16	717	4		38806.72	e	15/2	21069.22*	o	15/2
563.9014	17728.68	-0.10	134	888	3		27470.27*	o	19/2	9741.50	e	19/2
567.0550	17630.08	0.22	18	-386	3		36367.65	e	17/2	18737.79*	o	17/2
567.4720	17617.13	-0.18	765	1253	1		27358.81*	o	21/2	9741.50	e	19/2
568.2104	17594.23	-0.16	105	896	3		34277.91	o	19/2	16683.52*	e	19/2
569.3669	17558.50	0.01	800	-19	4		22978.19	e	13/2	5419.70*	o	13/2
574.1082	17413.49	0.02	14	-487	3		33268.75	o	17/2	15855.28*	e	15/2
576.8933	17329.42	-0.09	18	788	3	n		o	19/2	16683.52*	e	19/2
586.1626	17055.38	-0.16	31	902	1		38124.76	e	17/2	21069.22*	o	15/2
597.2187	16739.65	-0.06	22	506	2	n		e	15/2	20493.76*	o	13/2
600.6923	16642.85	0.15	11	-940	3	n		e	15/2	20315.89*	o	17/2
604.2812	16544.00	0.02	86	-186	3		29638.41	e	9/2	13094.42*	o	9/2
606.2935	16489.10	0.03	68	542	3		39700.28	e	19/2	23211.21*	o	19/2
611.6399	16344.97	0.18	7	-1295	3	n		e	15/2	20613.80*	o	17/2
613.3533	16299.31	-0.03	1126	1189	1	b		o	19/2	8378.91	e	17/2
613.4525	16296.67	-0.06	29	-80	4		38320.93	e	15/2	22024.20*	o	13/2
615.4391	16244.07	0.09	21	-410	2	n		o	13/2	15136.06*	e	15/2
615.6441	16238.66	-0.19	656	1282	1		25980.35*	o	21/2	9741.50	e	19/2
618.3488	16167.63	-0.01	371	638	3		24594.75*	o	13/2	8427.11	e	15/2
655.0919	15260.82	-0.12	394	1098	1		31116.22	o	17/2	15855.28*	e	15/2
657.7399	15199.38	0.01	55	193	4	n		o	11/2	15081.12*	e	13/2
663.2229	15073.73	0.03	848	-120	4		20493.40	e	11/2	5419.70*	o	13/2
668.1818	14961.86	-0.15	145	1549	1		31116.22	o	17/2	16154.21*	e	15/2
670.0113	14921.00	0.02	22	21	3		38806.72	e	15/2	23885.74*	o	17/2
672.2218	14871.94	0.10	44	-1127	3		37029.70	o	11/2	22157.86*	e	13/2
682.1650	14655.17	-0.02	637	-2	4		20074.89	e	15/2	5419.70*	o	13/2
693.9471	14406.35	-0.06	294	833	3		31116.22	o	17/2	16709.82*	e	17/2

Notlar— σ : fit sonucunda bulunan ağırlık merkezi (çizginin dalgasayısı),

λ : havadaki dalgaboyu; σ değerleri kullanılarak hesaplandı [64],

E_l : alt enerji seviyesi, E_u : üst enerji seviyesi, $\Delta\sigma = \sigma - (E_u - E_l)$, p: parite,

S/N: Ar gazı ile kaydedilen FT spektrumundaki sinyal-gürültü oranı,

W: mK cinsinden çizgi genişliği (1 mK=0.001 cm⁻¹),

*: fit sırasında aşırı ince yapı değerleri sabit tutulan enerji seviyesi,

a: aşırı ince yapı sabitleri bilinen başka bir çizgi ile blend olan çizgi,

b: çizgi yapısının en sonunda başka bir çizgi ile blend olan çizgi,

c: sınıflandırılmayan bir çizgi ile tek piki blend olan bir çizgi,

d: üst seviyelerinin aşırı ince yapı sabitleri serbest bırakılan blend olan iki çizgi,

e: iki farklı şiddet parametresi ile fit edilen çizgi,

j: J değeri belirlenemeyen çizgi (13/2 veya 15/2),

n: gürültü oranı yüksek olan çizgi,

Etiket: tüm çizgiler aşırı ince yapılarının ayrışma derecelerine göre gruplandırıldı.

Tablo 4.9: Literatürden alınan veya bu çalışmada bulunan ve fit işlemi sırasında sabit tutulan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitleri.

E (cm ⁻¹)	J	p	A (MHz)	B (MHz)	Ref.
0.00	15/2	o	800.58309(6)	-1668.089(8)	[17]
5419.70	13/2	o	937.2088(3)	-1438.065(25)	[17]
8378.91	17/2	e	783.3(1.9)	90(120)	b.ç.
8427.11	15/2	e	842.4(2.5)	330(100)	b.ç.
8605.16	11/2	o	1035.1433(8)	-1052.515(29)	[17]
9147.08	13/2	e	916.6(5)	2668(7)	[23]
9741.50	19/2	e	744.9(2.3)	1600(70)	b.ç.
10695.75	9/2	o	1137.87(13)	-494.2(1.3)	[17]
11322.31	23/2	e	693.4(4.5)	3316(300)	[21]
11530.56	17/2	e	770.2(3.0)	1295(150)	[21]
11689.77	19/2	e	735.5(0.8)	3022(36)	[37]
12339.04	15/2	e	807.0(3.0)	243(150)	[21]
12344.55	13/2	e	906.9(3.0)	752(150)	[21]
13082.93	11/2	e	1037.3(4.5)	2548(300)	[21]
13094.42	9/2	o	884.5(2.0)	1752(22)	[38]
15081.12	13/2	e	891.0(1.5)	264(60)	[21]
15130.31	17/2	e	807.6(3.0)	2257(150)	[21]
15136.06	15/2	e	863.1(1.5)	477(60)	[21]
15792.13	11/2	e	1026.8(1.5)	1043(60)	[21]
15855.28	15/2	e	1140.1(1.5)	-243(60)	[21]
16154.21	15/2	e	903.9(1.5)	567(60)	[21]
16438.03	17/2	e	819.7(5)	2035(20)	[23]
16683.52	19/2	e	739.9(1.5)	3424(60)	[21]
16709.82	17/2	e	1138.0(1.5)	-1805(60)	[21]
16882.31	15/2	e	477.7(5)	-675(20)	[23]
17059.35	13/2	e	556.4(0.8)	-1332(18)	[37]
17883.57	19/2	e	1221.9(4.5)	-288(300)	[21]
18337.80	17/2	e	1103.5(3.0)	-1517(150)	[21]
18651.53	15/2	e	863.4(1.5)	-2572(60)	[21]
18737.79	17/2	o	900.6(3.0)	980(150)	[21]
19276.92	15/2	o	1301.1(1.5)	-1883(60)	[21]
20124.27	19/2	o	922.8(1.5)	-788(60)	[21]
20167.18	15/2	e	1335.9(1.5)	1250(60)	[21]
20315.89	17/2	o	615.8(1.5)	-1304(60)	[21]
20493.76	13/2	o	494.1(3.0)	-1871(150)	[21]
20498.73	17/2	e	1224.0(1.5)	381(60)	[21]
20613.80	17/2	o	786.0(1.5)	-1019(60)	[21]
20831.18	19/2	o	962.3(3.0)	-1124(150)	[21]
21069.22	15/2	o	425.7(1.5)	-1859(60)	[21]
21217.11	19/2	e	1080.7(1.5)	863(60)	[21]

Tablo 4.9 (devam): Literatürden alınan veya bu çalışmada bulunan ve fit işlemi sırasında sabit tutulan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol aşırı ince yapı sabitleri.

E (cm ⁻¹)	J	p	A (MHz)	B (MHz)	Ref.
21378.54	17/2	o	798.0(3.0)	719(150)	[21]
21485.02	19/2	o	803.7(3.0)	3696(150)	[21]
21494.89	21/2	e	1032.5(1.5)	1091(60)	[21]
21552.02	17/2	o	832.8(3.0)	-588(150)	[21]
21682.90	15/2	o	795.3(3.0)	-360(150)	[21]
21980.67	23/2	e	1012.1(3.0)	1580(150)	[21]
22024.20	13/2	o	748.3(3.0)	1886(150)	[21]
22157.86	13/2	e	742.9(3.0)	228(150)	[21]
22392.86	13/2	o	512.9(3.0)	-749(150)	[21]
23211.21	19/2	o	576.5(3.0)	-360(150)	[21]
23885.74	17/2	o	705.4(3.0)	-1445(150)	[21]
24594.75	13/2	o	1359.5(3.0)	3220(150)	[21]
24678.25	19/2	o	1211.5(3.0)	-1034(150)	[21]
25980.35	21/2	o	1171.3(3.0)	444(150)	[21]
26637.82	17/2	o	1023.2(1.5)	1451(60)	[21]
26664.68	17/2	o	1073.8(3.0)	1322(150)	[21]
27358.81	21/2	o	1163.2(3.0)	1889(150)	[21]
27470.27	19/2	o	1121.2(4.5)	2039(300)	[21]
27670.98	19/2	o	1040.6(3.0)	2129(150)	[21]
27697.56	23/2	o	1117.9(3.0)	2686(150)	[21]
27923.18	17/2	o	1149.7(3.0)	1430(150)	[21]
28244.29	17/2	o	660.1(3.0)	579(150)	[21]
28393.24	19/2	o	877.2(3.0)	1028(150)	[21]
28481.24	21/2	o	956.0(3.0)	1589(150)	[21]
28887.78	21/2	o	1090.9(3.0)	2743(150)	[21]
29266.91	23/2	o	974.9(3.0)	3028(150)	[21]
29558.07	21/2	o	1293.3(4.5)	135(300)	[21]
30049.10	15/2	o	1050.0(3.0)	2278(150)	[21]
30135.31	17/2	o	1442.0(4.5)	480(300)	[21]
30339.01	13/2	o	1442.0(4.5)	480(300)	[21]
38613.34	21/2	e	643.6(1.5)	420(150)	b.ç.
40051.48	17/2	e	997(4)	1610(260)	b.ç.
40674.64	19/2	e	642.3(2.3)	-450(290)	b.ç.

Notlar — Ref.: Aşırı ince yapı sabitlerinin alındığı referanslar,
b.ç. : Bu çalışmada bulunan değerler.

Tablo 4.10: Çift pariteli Ho I seviyelerinin bu çalışmada bulunan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol sabitleri ve literatürden alınan referans değerleri.

E (cm ⁻¹)	J	σ (cm ⁻¹)	Tanım	A_{fit}	$A_{\text{ag.ort.}}$	$A_{\text{ref.}}$	B_{fit}	$B_{\text{ag.ort.}}$	$B_{\text{ref.}}$	Ref.
8378.91	17/2	16299.31	c	783.7(3.0)	783.3(1.9)	775.9(4.5)	128(150)	90(110)	570(300)	[21]
		19091.23		781.9(4.5)			-66(300)			
		19291.92		783.5(3.0)			56(150)			
		20014.25		782.5(3.1)			151(160)			
		21670.11	c	784.8(4.6)			57(310)			
8427.11	15/2	16167.63		840.2(3.0)	842.3(1.9)	842.4(4.5)	392(150)	330(70)	800(300)	[21]
		18210.64		841.8(1.6)			392(70)			
		18237.47		841.2(3.0)			348(160)			
		19817.16	d	844.2(3.0)			187(150)			
		21621.89		845.8(4.6)			180(300)			
		21708.12		846.0(3.1)			253(160)			
		21911.83		841.6(1.9)			297(90)			
9741.50	19/2	16238.66		741.8(3.0)	744.9(1.7)	742.9(4.5)	1751(150)	1600(80)	1679(300)	[21]
		17617.13		745.9(3.0)			1615(150)			
		17728.68		744.8(0.3)			1589(30)			
		18181.61		747.7(3.0)			1626(150)			
		19816.43	d	746.4(3.6)			1652(260)			
23498.57	17/2	23498.43	e, n	1348.1(1.1)	1348.1(1.1)	1350.6(3.0)	90(100)	90(100)	120(150)	[37]
20074.89	15/2	14655.17		823.0(2.1)	823.2(1.5)	824.5(1.3)	1420(30)	1430(30)	1600(70)	[37]
		20074.89	e, n	823.5(2.2)			1610(140)			
20493.40	11/2	15073.73		1014.3(1.1)	1014.3(1.1)		790(90)	790(90)		
21044.81	13/2	21044.82		971.3(2.1)	971.3(2.1)	964.9(2.1)	2240(170)	2240(170)	2259(99)	[37]
22978.19	13/2	17558.50		935(3)	935(3)	933.0(1.0)	1120(40)	1120(40)	1150(47)	[37]
23445.28	15/2	18025.70		855.2(1.5)	855.4(1.3)		3162(130)	3150(110)		
		23445.42	e, n	855.9(2.3)			3106(210)			
24141.21	11/2	18721.51		723.0(1.1)	723.0(1.1)		-550(50)	-550(50)		
24740.52	13/2	19320.91		707.3(1.7)	707.3(1.7)	707.8(1.1)	-700(100)	-700(100)	-771(46)	[37]
25272.63	15/2	19853.06		556.5(2.1)	556.5(2.1)	555.0(1.1)	-850(150)	-850(150)	-769(56)	[37]
25914.31	11/2	20494.53		695.4(1.1)	695.4(1.1)	697.5(0.3)	-1050(60)	-1050(60)	-858(14)	[37]
25930.66	13/2	20510.73	a	1022.0(1.6)	1022.0(1.6)	1010.3(0.1)	3210(90)	3210(90)	3222(17)	[37]
26957.70	15/2	21538.03		1514.8(0.5)	1514.8(0.5)		510(40)	510(40)		
27141.28	13/2	21721.49		1444.4(1.9)	1444.4(1.9)		-	-		
28793.03	11/2	20187.76		620.6(1.2)	620.0(1.1)		-588(60)	-520(80)		
		23373.20	b	618.7(1.7)			-394(80)			
29069.78	11/2	23650.55	e, n	958.2(2.1)	958.2(2.1)	967.1(1.4)	-1400(80)	-1400(80)	-1104(44)	[37]
29096.77	11/2	23676.96		1050.7(2.7)	1050.7(2.7)	1039.1(1.8)	200(110)	200(110)	279(54)	[37]
29638.41	9/2	16544.01		708.9(2.3)	704(3)	703.0(0.6)	-349(50)	-420(60)	-358(31)	[37]
		18942.61		702.4(2.9)			-419(120)			
		21033.12		702.3(1.4)			-482(50)			
29751.91	13/2	21146.58	n	1381(5)	1381(5)		1470(280)	1470(280)		
31903.28	11/2	23297.97	b	764.0(1.3)	764.0(1.3)	764.7(3.2)	0(50)	0(50)	-29(62)	[37]
32039.69	9/2	23434.56		812.1(1.8)	812.1(1.8)	818.6(2.9)	-360(60)	-360(60)	-94(51)	[37]
32633.75	7/2	21937.90		1089.5(1.9)	1089.5(1.9)	1097.4(0.6)	950(60)	950(60)	890.4(7.6)	[37]
32758.37	7/2	22062.54	b	866.0(2.8)	866.0(2.8)	881.8(2.0)	1070(70)	1070(70)	1091(36)	[37]
32785.21	9/2	24179.90		847.3(2.3)	847.3(2.3)	845.8(0.3)	-980(90)	-980(90)	-525(10)	[37]
32837.21	11/2	24231.88	e, n	1067.2(6)	1067.2(6)	1067.9(4.0)	-	-	-1582(92)	[37]
							2010(430)	2010(430)		
32917.77	11/2	24312.46		1158.3(0.7)	1158.3(0.7)		280(40)	280(40)		
32931.51	7/2	22235.69		897.9(1.9)	897.9(1.9)	887.7(1.9)	-1360(60)	-1360(60)	-1136(51)	[37]
33188.42	7/2	22492.58		846.4(2.1)	846.4(2.1)	845.1(0.8)	-670(60)	-670(60)	-465(12)	[37]

Tablo 4.10 (devam): Çift pariteli Ho I seviyelerinin bu çalışmada bulunan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol sabitleri ve literatürden alınan referans değerleri.

E (cm ⁻¹)	J	σ (cm ⁻¹)	Tanım	A_{fit}	$A_{\text{ag.ort.}}$	$A_{\text{ref.}}$	B_{fit}	$B_{\text{ag.ort.}}$	$B_{\text{ref.}}$	Ref.
33312.51	11/2	22616.65	e, n	962(30)	962(30)		-	-		
33986.71	11/2	23290.81		1103.4(2.2)	1103.4(2.2)		1140(820)	1140(820)		
35040.75	9/2	24345.02		962.3(1.6)	962.3(1.6)		680(100)	680(100)		
35270.88	9/2	24574.95		977.0(1.4)	977.0(1.4)		-750(60)	-750(60)		
36001.87	7/2	22907.37		1165(3)	1165(3)		-470(50)	-470(50)		
36367.65	17/2	17630.08		715(3)	715(3)		260(130)	260(130)		
36958.59	15/2	16344.97	n	183.6(4.3)	186.9(3)		2690(200)	2690(200)		
		16642.85	n	188.8(3.4)			-794(370)	-		
							1110(260)			
37233.47	15/2	16739.65	n	714.5(4.6)	714.2(2.7)		-	-		
		17956.60	n	714.1(3.2)			1273(270)			
38124.76	17/2	17055.39		812.1(1.6)	812.3(1.2)		639(280)	630(190)		
		17808.76		812.4(1.6)			603(260)			
38320.93	15/2	16296.67		616(4)	616(4)		-202(90)	-300(80)		
38613.34	21/2	17782.03		644.2(3.1)	643.6(1.4)		-369(80)			
		18489.09		643.4(1.5)			3920(250)	3920(250)		
38806.72	15/2	14921.00		806.5(6.9)	808.1(3.2)		252(170)	420(70)		
		17737.44		809.9(2.1)			448(70)			
		19529.88	b	806.7(1.9)			-911(770)	-870(370)		
38966.58	15/2	18472.76		817.3(3.1)	816.6(2.0)		-786(130)			
		19689.75	b	816.4(1.8)			-939(120)			
39098.76	15/2	18605.03	a, e, j	911(4)	911(4)		-539(160)	-520(110)		
	13/2	18605.05		1033(4)	1033(4)		-518(100)			
39156.60	19/2	18325.38	n	696.7(2.2)	694(1.9)		960(230)	960(230)		
		19032.44	d	692.9(1.6)			-220(240)	-220(240)		
39273.06	17/2	18203.81		720.4(2.6)	721.7(1.6)		-663(210)	-510(80)		
		18659.30		722.3(1.6)			-495(80)			
		19996.24	b	720.9(4.4)			898(180)	910(80)		
39700.28	19/2	16489.10		809(3)	809(3)		905(80)			
39904.45	15/2	17880.39		1068(3)	1068(3)		927(360)			
39910.59	17/2	18358.61		523.8(3.3)	524.7(2.5)		-80(160)	-80(160)		
		18425.56		525.5(3.1)			1400(170)	1400(170)		
40051.48	17/2	18368.57	n	992.6(4.0)	997(4)		2160(200)	2190(140)		
		18566.42		1000.1(3.1)			2213(170)			
		18672.96	n	994.9(5.0)			1765(260)	1610(150)		
40101.22	15/2	18076.97	b	972.8(4.2)	972.0(2.0)		1601(160)			
		19031.94	d	971.7(2.2)			1321(370)			
40151.13	15/2	18126.92	n	1040.6(4.2)	1040.5(1.5)		195(270)	170(140)		
		19081.87	n	1038.9(3.4)			160(170)			
		19835.26	n	1043.0(5.7)			496(280)	620(190)		
		21413.37	n	1041.2(3.8)			721(290)			
40265.25	15/2	17872.31	b	690.4(3.3)	691.6(2.5)		815(410)			
		18582.40		692.9(3.4)			359(520)			
40270.03	17/2	19656.23	n	740.0(2.4)	735(2.8)		1157(180)	1220(140)		
		20993.18		732.0(1.7)			1291(190)			
40648.25	17/2	20524.24		660.5(1.6)	660.5(1.6)		128(250)	120(90)		
40674.64	19/2	19122.57		644.0(3.0)	642.3(2.4)	642.8(0.9)	-750(80)	-750(80)		
		19296.06		641.4(3.1)		-240(170)	-389(160)	-450(130)	-573(52)	[37]
		19843.43	b	641.4(3.2)		-760(180)				

Tablo 4.10 (devam): Çift pariteli Ho I seviyelerinin bu çalışmada bulunan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol sabitleri ve literatürden alınan referans değerleri.

E (cm ⁻¹)	J	σ (cm ⁻¹)	Tanım	A_{fit}	$A_{\text{ag.ort.}}$	$A_{\text{ref.}}$	B_{fit}	$B_{\text{ag.ort.}}$	$B_{\text{ref.}}$	Ref.
41124.70	19/2	20293.45		701.4(3.9)	702.7(1.4)	779.3(1.5)	-476(280)	-440(130)	-629(101)	[37]
		21000.51		702.7(0.8)		-430(140)				

Notlar — A_{fit} ve B_{fit} : Fit sonucunda bulunan A ve B sabiti değeri.

$A_{\text{ag.ort.}}$: Birden fazla çizginin analizi ile bulunan seviyelerin A ve B aşırı ince yapı sabiti değerlerinin ağırlıklı ortalaması.

$A_{\text{ref.}}$ ve $B_{\text{ref.}}$: Aşırı ince yapı sabitlerinin literatürden alınan değerleri.

Ref.: Aşırı ince yapı sabitlerinin alındığı referanslar.

Tanım açıklamaları için Tablo 4.8'e bakınız.

Tablo 4.11: Tek pariteli Ho I seviyelerinin bu çalışmada bulunan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol sabitleri ve literatürden alınan referans değerleri.

E (cm ⁻¹)	J	σ (cm ⁻¹)	Tanım	A_{fit}	$A_{\text{ag.ort.}}$	$A_{\text{ref.}}$	B_{fit}	$B_{\text{ag.ort.}}$	$B_{\text{ref.}}$	Ref.
18572.28	15/2	21479.16		808(4)	808(4)		1990(240)	1990(240)		
20210.50	21/2	18402.76		1021.5(0.7)	1021.5(0.7)		-546(150)	-560(130)		
		20464.15	a	1021.5(1.8)			-601(290)			
30280.49	11/2	15199.38		1187.1(2.0)	1187.6(1.9)		1733(150)	1810(150)		
		17935.96	b	1189.0(3.5)			1990(220)			
31116.22	17/2	14406.35		1534.5(1.5)	1534.4(0.9)		-1405(60)	-1380(40)		
		14961.86		1535.4(1.5)			-1364(70)			
		15260.82		1534.3(1.5)			-1360(60)			
31380.04	13/2	16244.07	n	747.9(5.8)	747.7(2.9)		1219(340)	1090(160)		
		18297.11	n	746.5(5.1)			997(400)			
		19041.06	n	748.3(3.7)			1075(180)			
32671.45	15/2	20326.88		844.7(3.1)	844.6(3.1)		1320(190)	1280(140)		
		24244.32		844.0(6.2)			1240(180)			
32898.14	13/2	23750.87	n	1267(7)	1267(7)		120(380)	120(380)		
33268.75	17/2	17413.49		784.1(2.3)	784.0(1.8)	788.6(1.3)	1998(150)	2150(100)	1981(82)	[38]
		24889.78		783.7(3.0)		2203(90)				
34013.03	19/2	17329.42	n	1079.1(2.2)	1077.9(2.0)	1078.1(0.2)	1404(190)	1200(170)	1219(25)	[38]
		18882.66	b, n	1074.4(3.6)		1447(220)				
		24271.43	n	1078.4(1.2)		1000(130)				
34277.91	19/2	17594.23		1123.4(1.6)	1124.0(1.4)	1125.0(0.5)	1679(80)	1610(90)	1644(54)	[38]
		24536.24		1124.3(1.0)			1460(110)			
34293.91	17/2	24552.31		908.7(0.5)	908.7(0.5)	903.5(0.9)	186(40)	186(40)	228(51)	[38]
34309.15	13/2	21970.06		1052(3)	1052(3)	1051.5(0.4)	2120(90)	2120(90)	1481(40)	[38]
34502.26	19/2	22971.60		923(3)	923(3)		2990(70)	2990(70)		
34537.92	17/2	24796.35		885.4(0.5)	885.4(0.5)	883.7(0.9)	1600(50)	1600(50)	1613(26)	[38]
34648.05	21/2	22958.12		1091.9(1.0)	1092.0(0.8)		3588(80)	3590(60)		
		23325.57		1089.2(4.5)			3546(310)			
34714.29	11/2	21631.28		742.4(4.8)	744(5)		543(310)	560(300)		
		22369.70	n	749.4(8.2)			819(410)			
34737.11	19/2	23206.43		914(3)	914(3)	915.4(1.1)	1830(60)	1830(60)	1884(55)	[38]
34868.26	17/2	18430.18		430.5(0.7)	430.5(1.9)		1267(60)	1300(160)		
		19737.90		430.7(3.0)			1495(160)			
34879.66	21/2	23189.79		792.1(1.0)	792.0(1.0)	791.2(1.3)	4085(80)	4080(50)	3862(93)	[38]
		23557.23		788.6(4.5)			4027(300)			
34888.46	15/2	18450.40		555.7(1.4)	556.3(1.4)	556.8(1.0)	1246(110)	1270(100)	1474(29)	[38]
		18734.20		558.9(2.8)			1355(200)			
35434.63	13/2	19280.41	n	895.7(3.0)	897(3)	897.9(0.4)	-771(170)	-970(190)	-1253(58)	[38]
		19642.47		900.8(5.4)			-1188(180)			
35473.43	21/2	23783.47	b	1161.5(1.1)	1161.5(1.1)		1660(100)	1660(100)		
35514.11	11/2	23169.51		673(4)	673(4)	671.0(2.3)	1370(110)	1370(110)	1329(27)	[38]
37029.70	11/2	14871.94		55(3)	55(3)		-1240(50)	-1240(50)		
37426.02	17/2	18774.38	n	984.0(3.0)	983.7(2.2)		1378(250)	1680(190)		
		19088.17		984.4(3.3)			1818(190)			
		20543.54	n	982.7(3.4)			1766(350)			
37619.29	19/2	20909.43	b	1282.0(1.8)	1280.8(1.1)	1287(1.3)	-1378(100)	-1340(80)	-1268(91)	[38]
		21181.14		1280.5(1.0)			-1311(100)			
37709.99	21/2	19826.29		1173(5)	1173(5)	1170.9(1.7)	-1270(40)	-1270(40)	-1426(83)	[38]
37762.26	17/2	21052.45	n	1301.1(2.2)	1299(1.9)	1304.0(1.1)	-590(190)	-670(100)	-669(21)	[38]
		21906.93		1297.1(1.8)			-696(100)			

Tablo 4.11 (devam): Tek pariteli Ho I seviyelerinin bu çalışmada bulunan A manyetik dipol ve B elektrik kuadropol sabitleri ve literatürden alınan referans değerleri.

E (cm ⁻¹)	J	σ (cm ⁻¹)	Tanım	A_{fit}	$A_{\text{ag.ort.}}$	$A_{\text{ref.}}$	B_{fit}	$B_{\text{ag.ort.}}$	$B_{\text{ref.}}$	Ref.
37772.62	19/2	19434.71		1217(3)	1217(3)		-1360(30)	-1360(30)		
38241.67	13/2	19590.15	n	607.8(3.5)	610.7(2.9)		-942(220)	-800(70)		
		21182.24		611.1(3.0)			-780(70)			
		21359.31	n	612.1(2.7)			-852(220)			
38345.80	15/2	21286.41	b	521(3)	521(3)	523.4(2.1)	530(290)	530(290)	471(102)	[38]
38445.46	13/2	19793.90	d	1333(2)	1333(2)		-560(130)	-560(130)		
39071.65	17/2	19794.71	b, d	707(7)	707(7)		320(400)	320(400)		
40069.22	13/2	19901.98		768.8(1.7)	768.8(1.7)		890(70)	890(70)		
40701.57	17/2	20202.70	b	655.8(1.7)	656.5(1.7)		118(100)	70(110)		
		20534.20	b	658.6(2.9)			-253(260)			
41255.89	19/2	20038.71	b	683.6(1.7)	682.5(1.6)		49(100)	40(90)		
		20757.07	b	681.0(2.0)			27(150)			
41704.35	21/2	20209.38	b, n	650.1(2.0)	648.2(1.8)	649.1(1.1)	668(180)	760(120)	663(77)	[38]
		20487.15	b	646.6(1.8)			805(130)			
42381.97	23/2	20887.02	a	587.5(1.6)	587.5(1.6)	592.5(1.5)	1510(70)	1510(70)	1039(95)	[38]
44904.20	21/2	22923.53	c	653.1(3.3)	653.1(2.2)		1963(230)	2250(250)		
		23687.01		653.2(2.3)			2478(210)			

Notlar için Tablo 4.8 ve 4.10'a bakınız.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Holmiyum elementinin, $14280 - 25000 \text{ cm}^{-1}$ dalgasayısı veya $400 - 700 \text{ nm}$ dalgaboyu spektral aralığında görünür bölgedeki spektrumunun CLASS-LW programı [6] ile analizi sonucunda toplamda ölçülen 4193 çizgisinin 1067'si atomik (Ho I) veya iyonik holmiyuma (Ho II veya III) ait geçişler olarak sınıflandırıldı. Geriye kalan 3126 çizgi için bir öneri bulunmaması veya önerilen spektral geçiş ile deneysel spektrumun uyumlu olmaması sebebiyle bu çizgiler için, Ar ve Ne asal gazları ile ölçülen iki farklı spektrumdaki S/N değerlerinin birbirine oranına (R) bağlı olarak iyonizasyon dereceleri atandı.

Spektrumdaki çizgilerin çoğunun sınıflandırılmaması, çok sayıda bilinmeyen ince yapı enerji seviyesi olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, deneysel spektrumdan okunan dalgasayısı ile üst ve alt enerji seviyelerinin farkı arasında hesaplanan fark ($\Delta\sigma$) için yüksek değerlere rastlanması Ho I enerji seviyelerindeki belirsizliğin büyük olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, ileriki çalışmalarda atomik holmiyum (Ho I) için laser spektroskopik incelemelerle yeni enerji seviyelerinin bulunması gerekli görülmektedir.

Toplamda alt ve üst enerji seviyeleri belirlenerek sınıflandırılan 1067 çizginin 40 (39+1) tanesi ilk defa bu çalışmada sınıflandırıldı ve 594 (588+6) tanesi ilk defa bu çalışmada ölçüldü ve de sınıflandırıldı. R katsayısına bağlı olarak tanımlanan 3126 çizginin, 2997 (1829+395+1+348+417+7) tanesi ilk defa bu çalışmada ölçüldü ve iyonizasyon dereceleri belirlendi. Bu yeni çizgilerin bazıları oldukça yüksek şiddete ve geniş aşırı ince yapıya sahiptir. Görünür bölgedeki Ho spektrumunun oldukça yoğun olması sebebiyle, spektrumdaki Ho II çizgilerinin %40'ından çoğu ve Ho III çizgilerinin %60'ından çoğu başka bir Ho çizgisi ile karışmıştır. Sınıflandırılmayan çizgiler için, *blend* olarak tanımlanan çizgilerin sayısı, sınıflandırılanlara göre çok daha küçüktür. Bunun sebebi, sınıflandırılan çizgiler için aşırı ince yapı modellemesinin yapılarak *blend* olan çizgilerin tanımlanmasının çok daha kolay olmasıdır. Bu sebeple, sınıflandırılmayan bazı *blend* olan çizgiler mevcut bilgiler ışığında tespit edilememiştir.

Yüksek çözünürlüklü FT spektrumları, FITTER [7] programı ile incelenerek atomik Ho için yeni ve geliştirilmiş aşırı ince yapı verileri elde edildi. Bu çalışmada, sırasıyla A ve B

manyetik dipol ve elektrik kuadrupol aşırı ince yapı sabitlerini belirlemek için 164 Ho I çizgisi analiz edildi.

Spektrumdaki asimetri ve doygunluk etkileriyle ilgili sorunlara rağmen güvenilir ve makul sonuçlar alındı. A manyetik dipol ve B elektrik kuadrupol aşırı ince yapı sabitleri bulunan 96 seviyeden 55'i için aşırı ince yapı sabitleri ilk defa bu çalışmada bulundu.



KAYNAKLAR

- [1]. Prialnik, D., 2009, *An Introduction to the theory of stellar structure and evolution*, Cambridge University Press, England, ISBN: 1316284301, 9781316284308.
- [2]. Gray, R. O. and Corbally, C. J., 2009, *Stellar spectral classification*, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- [3]. Eminoglu, F., B., 2009, *Tübitak Ulusal Gözlemevi coude eşel tayflarını kullanarak HD 39866 (A2 II) yıldızının kimyasal bolluk analizi*, Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi.
- [4]. Michaud, G., Alecian, G. and Richer, J., 2015, *Atomic diffusion in stars*, Springer, Berlin.
- [5]. Deelen, F. van, 2017, *Hyperfine structure measurements in scandium for IR spectroscopy*, Yüksek Lisans, Lund Observatory.
- [6]. Windholz, L. and Guthöhrlein, G. H., 2003, Class-LW bilgisayar programı, *Physica Scripta*, 105, 55.
- [7]. Zeiser, A. et al., 2019, New version of the program Fitter for fitting atomic hyperfine structure in optical spectra including the calculation of confidence intervals, henüz yayınlanmamış.
- [8]. Laeter, J. L., 2013, *Commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights: Standard Atomic Weights*, <http://ciaaw.org/holmium.htm>, [Ziyaret Tarihi:15 Mart 2015].
- [9]. Schiller, H. and Schmitt, T., 1935, *Naturwissenschaften*, 23, 69.
- [10]. Stone, N. J., 2005, Table of nuclear magnetic dipole and electric quadrupole moments, *Atomic Data Nuclear Data Tables*, 90, 75.
- [11]. Sugar, J., 1968, *J. Opt. Soc. Am.*, 58, 1519.
- [12]. Wikipedia, 2015, <http://en.wikipedia.org/wiki/Holmium>, [Ziyaret Tarihi:15 Mart 2015].
- [13]. Goodman, L. S. and Schlöfmann, K., 1964, *Z. Physik*, 178, 235.
- [14]. Ebersold P. et al., 1974, *Phys. Letts.*, 53-BB, 48.
- [15]. Powers, R.J. et al., 1976, *Nucl. Phys.*, A262, 493.
- [16]. Cheng, S.C. ve diğ., 1978, The study of quadrupole hyperfine interactions in pionic atoms of ^{181}Ta and ^{165}Ho , *Hyperfine Interaction*, 4, 145.
- [17]. Burghardt, B. et al., 1982, Hyperfine structure measurements in metastable states of ^{165}Ho , *Zeitschrift für Physik A Atoms and Nuclei*, 307, 193.

- [18]. Merzyn, G., Penselin, S. and Wolber, G., 1972, The hyperfine structure of the ground state of Ho¹⁶⁵, *Zeitschrift für Physik*, 252, 412-420.
- [19]. Meggers, W. F., Corliss, C. H. and Scribner, B. F., 1975, Tables of spectral-line intensities, *National Bureau of Standards Monograph 145*, Part I, 105–113.
- [20]. Martin, W.C., Zalubas, R. and Hagan, L., 1978, Atomic energy levels—the rare earth elements, *National Bureau of Standards*, 20231.
- [21]. Wyart, J. F., Camus, P. and Verges, J., 1977, Etude du spectre de l'holmium atomique-I, *Physica* 92C, 377-396.
- [22]. Wyart, J. F. and Camus, P., 1978, Etude du spectre de l'holmium atomique-II, *Physica* 93C, 227-236.
- [23]. Childs, W. J., David, R. Cok ve Goodman, L. S., 1983, New line classifications in Ho I based on high-precision hyperfine-structure measurement of low level, *Optical Society of America*, 73, 151-155.
- [24]. Worm, T., Shi, P. and Poulsen, O., 1990, Lifetimes and hyperfine structures in Ho II, *Phys. Scr.*, 42, 569–573.
- [25]. Smirnov, Yu. M., 1994, Extended classification of holmium spectral lines using data obtained in crossing beams, *Spectrochim. Acta B*, 49 469-474.
- [26]. Reddy, M. N., Ahmad, S. A. and Rao, G. N., 1992, Laser optogalvanic spectroscopy of holmium, *J. Opt. Soc. Am. B*, Vol. 9, No. 1, 22-26.
- [27]. Kroger, S., Wyart, J. F. and Luc, P., 1997, Theoretical interpretation of hyperfine structures in doubly-excited configurations $4f^{10}5d6s6p$ and $4f^{10}5d^26s$ and new energy levels in neutral holmium (Ho I), *Physica Scripta*, Vol. 55, 579-585.
- [28]. Den Hartog, E. A., Wiese, L. M. and Lawler, J. E., 1999, Radiative lifetimes of HoI and HoII, *J. Opt. Soc. Am. B*, Vol. 16, No. 12.
- [29]. Morton, D. C., 2000, Atomic data for resonance absorption lines II. wavelengths longward of the Lyman limit for heavy elements, *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, 130, 403.
- [30]. Nave, G., 2003, Atomic transition rates for neutral holmium (HoI), *J. Opt. Soc. Am. B*, 20, 10, 2193-2202.
- [31]. Lawler, J. E. et al., 2004, Improved atomic data for Ho II and new holmium abundances for the Sun and three metal-poor stars, *The Astrophysical Journal*, 604, 850.
- [32]. Sansonetti, J. E. and Martin, W. C., 2005, Handbook of basic atomic spectroscopic data, *American Institute of Physics*, 701, 1559.
- [33]. Gurell, J. et al., 2009, Wavelengths Energy levels and hyperfine structure constants in HoII, *Physica Scripta*, 79, 1-14.

- [34]. Smirnov, Yu. M., 2013, Excitation of low-lying even levels of holmium atom in the electron-atom collisions, *Opt.Spe.*, 114, 485-491.
- [35]. Al-Labady, N. et al., 2017, Line identification of atomic and ionic spectra of holmium in the near-UV; Part I: Spectrum of Ho I, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 228, 16.
- [36]. Başar, Go. et al., 2017, Line identification of atomic and ionic spectra of holmium in the near-UV; Part II: Spectra of Ho II and Ho III, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 228, 17.
- [37]. Stefanska, D. and Furmann, B., 2018, Hyperfine structure investigations for the odd-parity configuration system in atomic holmium, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 206, 286.
- [38]. Stefanska, D. et al., 2018, Fine and hyperfine structure investigations of the even-parity configuration system of the atomic holmium, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 209, 180.
- [39]. Stefanska, D. et al., 2018, Lande g_J factors for even-parity electronic levels in the holmium atom, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 210, 136.
- [40]. Stefanska, D., Furmann, B. and Glowacki, 2018, Possibilities of investigations of the temporal variation of the α constant in the holmium atom, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 213, 159.
- [41]. Özdalğıç, B. et al., 2019, Line identification of atomic and ionic spectra of holmium in the visible spectral range: I. Spectrum of Ho I, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 240, 27.
- [42]. Özdalğıç, B. et al., 2019, Line identification of atomic and ionic spectra of holmium in the visible spectral range: II. Spectrum of Ho II and Ho III, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 240, 28.
- [43]. Haken, H. and Wolf, H.C., 2000, *The physics of atoms and quanta, introduction to experiments and theory*, Springer-Verlag, New York, ISBN: 3-540-67274-5.
- [44]. Woodgate, G. K., 1970, *Elementary atomic structure*, Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, England, ISBN: 07-094137-8.
- [45]. Bransden, B. H. and Joachain, C. J., 1999, *Atom ve molekül fiziği*, Bilim Yayınları, Ankara, ISBN: 975-7636-03-7.
- [46]. Svanberg, S., 2001, *Atomic and molecular spectroscopy: Basic aspects and practical applications*, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, ISBN-13: 978-3-642-98109-8.
- [47]. Kuli-Zade, C. M., 1995, *Atom spektroskopisinin temelleri*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 3855, 237, ISBN: 975-404-380-9.
- [48]. Livingston, W. and Wallace, L., 1991, An atlas of the solar spectrum in the infrared (1.1 to 5.4 μm), *National Solar Obs. Tech. Rep. 91-001*, Tucson, AZ.

- [49]. Aygün, E. ve Zengin, D. M., 1988, *Atom ve molekül fiziği*, Bilim Yayınları, Ankara, ISBN: 975-556-017-3.
- [50]. Elisberg, R., Reisnick, R., 1974, *Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei and Pparticles*, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, ISBN: 0-471-23464-8.
- [51]. Kopfermann, H., Schneider, E.E., 1958, *Nuclear moments*, Academic Press Inc, Catalog Number 56-6607.
- [52]. Demtröder, W., 1998, *Laser spectroscopy basic concepts and instrumentation*, Springer, Germany, ISBN: 3-540-57171-X.
- [53]. Iqbal, S. T., 2012, *Systematic studies of hyperfine structure of neutral praseodymium based on a Fourier transform spectrum and laser induced fluorescence*, Institute of Experimental Physics, Graz, Austria.
- [54]. <https://www.lenntech.com/periodic/elements/ho.htm>, [Ziyaret Tarihi: 26 Şubat 2019].
- [55]. Bruker, 2019, *IFS 125HR*, <https://www.bruker.com/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/ft-ir-research-spectrometers/ifs-125hr/learn-more.html>, [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2018].
- [56] Wikipedia, 2018, *PMT tube*, https://en.wikipedia.org/wiki/Photomultiplier_tube, [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2018].
- [57]. Hamamatsu Photonics, K. K., 2019, *Photomultiplier tube R928*, <https://www.hamamatsu.com/jp/en/product/type/R928/index.html>, [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2018].
- [58]. Radziemski, L. J. Jr. and Kaufman V., 1969, Wavelengths, energy levels, and analysis of neutral atomic chlorine (Cl I), *Journal of the Optical Society of America*, 59, 4.
- [59]. Biemont, E. et al., 2001, Measurement of radiative lifetimes and determination of transition probabilities of astrophysical interest in Ho III, *MNRAS*, 328, 1085.
- [60]. Zhang, Z. G. et al., 2002, Radiative lifetime measurements and oscillator strengths of astrophysical interest in Ho III, *Astronomy&Astrophysics*, 384, 364.
- [61]. Learner, R. C. M. and Thorne, A. P., 1988, Wavelength calibration of Fourier-transform emission spectra with applications to Fe I, *J. Opt.Soc.Am.B*, 5,10, 2045.
- [62]. Kramida, A., Ralchenko, Yu., Reader, J., and NIST ASD Team, 2018, *NIST Atomic Spectra Database (ver. 5.6.1)*, <https://physics.nist.gov/asd> [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2018].
- [63]. Gauss, C. F., 1801, *Arithmeticae*, <https://en.wikipedia.org/wiki>, [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2019].

- [64]. Ciddor, P. E.,1996, Refractive index of air: new equations for the visible and near infrared, *Appl. Optics* 35, 1566-1573.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı Berin ÖZDALGIÇ
 Doğum Yeri Fatih/İSTANBUL
 Doğum Tarihi 29.06.1987
 Uyruğu ☒ T.C. ☐ Diğer:
 Telefon
 E-Posta Adresi berinyapici@gmail.com
 Web Adresi

Eğitim Bilgileri

Lisans

Üniversite İstanbul Üniversitesi
 Fakülte Fen Fakültesi
 Bölümü Fizik Bölümü
 Mezuniyet Yılı 20.06.2010

Yüksek Lisans

Üniversite İstanbul Üniversitesi
 Enstitü Adı Fn Bilimleri Enstitüsü
 Anabilim Dalı Fizik Anabilim Dalı
 Programı Atom ve Molekül Fiziği Programı

Doktora

Üniversite İstanbul Üniversitesi
 Enstitü Adı Fen Bilimleri Enstitüsü
 Anabilim Dalı Fizik Anabilim Dalı
 Programı Atom ve Molekül Fiziği Programı

Makale ve Bildiriler

1. Güzelçimen, F., Yapıcı, B., Demir, G., Er, A., Öztürk, I. K., Başar, Gö., Kröger, S., Tamanis, M., Ferber, R., Docenko, D. and Başar, Gü., 2014, Hyperfine Structure Constants of Energetically High-Lying Levels of odd Parity of Atomic Vanadium, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 214, 9.
2. Al-Labady, N., Özdalgiç, B., Er, A., Güzelçimen, F., Öztürk, I. K., Kröger, S., Kruzins, A., Tamanis, M., Ferber, R. and Başar, Gö., 2017, Line Identification of Atomic and Ionic Spectra of Holmium in the Near-UV. Part I. Spectrum of Ho I, *The Astrophysical Journal Supplements Series*, 228, 16.
3. Başar, Gö., Al-Labady, N., Özdalgiç, B., Güzelçimen, F., Er, A., Kanat Öztürk, I., Ak., T., Bilir, S., Tamanis, M., Ferber, R. and Kröger, S., 2017, Line Identification of Atomic and Ionic Spectra of Holmium in the Near-UV. II. Spectra of Ho II and Ho III, *The Astrophysical Journal Supplements Series*, 228, 17.

4. Özdalgiç, B., Güzelçimen, F., Öztürk, I. K., Kröger, S., Kruzins, A., Tamanis, M., Ferber, R. and Başar, Gö., 2019, Line identification of atomic and ionic spectra of holmium in the visible spectral range: I. Spectrum of Ho I, *The Astrophysical Journal Supplements Series*, 240, 27.
5. Özdalgiç, B., Başar, Gö., Güzelçimen, F., Öztürk, I. K., Ak, T., Bilir, S., Tamanis, M., Ferber, R. and Kröger, S., 2019, Line identification of atomic and ionic spectra of holmium in the visible spectral range: II. Spectrum of Ho II and Ho III, *The Astrophysical Journal Supplements Series*, 240, 28.
6. Yapıcı, B., Güzelçimen, F., Başar, Gö., Öztürk, I. K., Kröger, S., Ferber, R., Jarmola, A., Tamanis, M. and Başar, Gü., 2012, Investigation of the Hyperfine Structure of the Configuration $3d^3 4s 4p$ of Atomic Vanadium with Fourier Transform Spectroscopy, *44th Conference of the European Group on Atomic Systems* 09 – 13 Temmuz 2012 Göteborg (Poster Bildiri).
7. Yapıcı, B., Güzelçimen, F., Başar, Gö., Öztürk, I. K., Kröger, S., Ferber, R., Jarmola, A., Tamanis, M. and Başar, Gü., 2012, Hyperfine Structure Measurements of the High-Lying Odd Multiplets of Atomic Vanadium, *Turkish Physical Society 29th International Physics Conference*, 5 – 8 Eylül 2012 Bodrum, 449 (Poster Bildiri).
8. Başar, Gö., Al-Labady, N., Özdalgiç, B., Güzelçimen, F., Er, A., Öztürk, I.K., Kröger, S., Kruzins, A., Tamanis, M. and Ferber, R., 2016, Investigation of Hyperfine Structure of Atomic Holmium, *12th European Conference on Atoms Molecules and Photons*, 5-9 Eylül 2016 Frankfurt (Poster Bildiri).
9. Al-Labady, N., Başar, Gö., Öztürk, I.K., Güzelçimen, F., Er, A., Özdalgiç, B., Kröger, S., Kruzins, A., Tamanis, M. and Ferber, R., 2017, Line Classification of Atomic Holmium by means of Fourier Transform Spectroscopy from 317 to 400 nm, *Turkish Physical Society 33rd International Physics Congress*, 6 – 10 Eylül 2017 Bodrum (Poster Bildiri).
10. Gö. Başar, N. Al-Labady, F. Güzelçimen, I.K. Öztürk, A. Er, B. Özdalgiç, T. Ak, S. Bilir, S. Kröger, M. Tamanis, R. Ferber, 2017, Line Classification of Ho II and Ho III by means of Fourier Transform Spectroscopy from 317 to 400 nm, *Turkish Physical Society 33rd International Physics Congress*, 6 – 10 Eylül 2017 Bodrum (Poster Bildiri).
11. Başar, Gö., Al-Labady, N., Öztürk, I.K., Güzelçimen, F., Özdalgiç, B., Kröger, S., Kruzins, A., Tamanis, M. and Ferber, R., 2017, Hyperfine Structure of Atomic Holmium by Fourier Transform Spectroscopy in the UV Spectral Range, *Turkish Physical Society 33rd International Physics Congress*, 6 – 10 Eylül 2017 Bodrum (Poster Bildiri).
12. Özdalgiç, B., Öztürk, I. K., Güzelçimen, F., Kröger, S. and Başar, Gö., 2018, Line Identification of Atomic Holmium, *Turkish Physical Society 34th International Physics Congress*, 5 – 9 Eylül 2018 Bodrum, ISBN: 978-605-83516-4-6, 456. (Poster Bildiri).
13. Özdalgiç, B., Güzelçimen, F., Öztürk, I.K., Kröger, S. and Başar, Gö., 2018, Processing Atomic and Ionic Spectra of Holmium with Classification Program, *Turkish Physical Society 34th International Physics Congress*, 5 – 9 Eylül 2018 Bodrum, ISBN: 978-605-83516-4-6, 247. (Sözlü Bildiri).
14. Başar, Gö., Özdalgiç, B., Öztürk, I. K., Güzelçimen, F. and Kröger, S., Identifying and Classifying new Ionic Lines of Holmium, 2018, *Turkish Physical Society 34th International Physics Congress*, 5 – 9 Eylül 2018 Bodrum, ISBN:

978-605-83516-4-6, 450. (Poster Bildiri).

